

全国高等学校体育教学指导委员会 审定

GaoDengXueXiao

TiYuJianZhuGuanLiZhuanYe

KeChengXiLieTongBianJiaoCai

◆高等学校体育建筑管理专业课程系列统编教材◆

体育建筑 概论

TiYuJianZhuGaiLun

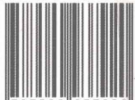
刘加平 马斌齐 主编

人民体育出版社

高等学校体育建筑管理专业课程系列统编教材

1. 体育管理学——原理与方法
2. 体育建筑概论
3. 体育建筑环境与设备
4. 体育场馆自动化管理
5. 体育场地建筑工艺
6. 体育人力资源管理
7. 体育建筑策划与项目管理
8. 体育建筑图学
9. 体育建筑检测与评价
10. 体育场馆运行管理

ISBN 978-7-5009-3792-0



9 787500 937920 >

责任编辑 / 刘良刚
美术编辑 / 刘 泉

定价: 20.00元

全国高等学校体育教学指导委员会审定
高等学校体育建筑管理专业课程系列统编教材

体育建筑概论

刘加平 马斌齐 主编

张闻文 谭良斌 副主编

人民体育出版社

图书在版编目(CIP)数据

体育建筑概论 / 刘加平, 马斌齐主编. -北京: 人民体育出版社, 2009

(高等学校体育建筑管理专业课程系列统编教材)

ISBN 978-7-5009-3792-0

I. 体… II. ①刘… ②马… III. 体育建筑-高等学校-教材 IV. TU245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 232992 号

*

人民体育出版社出版发行
三河兴达印务有限公司印刷
新华书店经销

*

850×1168 32 开本 8.75 印张 203 千字
2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 次印刷
印数: 1—3,000 册

*

ISBN 978-7-5009-3792-0

定价: 20.00 元

社址: 北京市崇文区体育馆路 8 号 (天坛公园东门)

电话: 67151482 (发行部) 邮编: 100061

传真: 67151483 邮购: 67118491

(购买本社图书, 如遇有缺损页可与发行部联系)



编 委 会

主 任

- | | | |
|-----|-------------------|----|
| 王晓昌 | 国务院学位委员会学科评议组成员 | |
| | 环境工程 | 教授 |
| 王德炜 | 全国高等学校体育教学指导委员会委员 | |
| | 体育学 | 教授 |

委 员

- | | | |
|-----|----------|----|
| 刘加平 | 建筑技术科学 | 教授 |
| 周 里 | 体育学 | 教授 |
| 刘晓君 | 管理学 | 教授 |
| 李惠民 | 土木工程 | 教授 |
| 李志民 | 建筑学 | 教授 |
| 李昌华 | 计算机科学与技术 | 教授 |
| 雷光明 | 工程图学 | 教授 |



总 主 编

王德炜

副总主编

刘加平 周 里 刘晓君

编 委 (按姓氏笔画为序)

马斌齐	王晓昌	王德炜	由文华
刘 英	刘 洪	刘加平	刘晓君
刘新民	苏仕君	肖勇强	李志民
李启明	李荣礼	李祥平	李晓健
李惠民	李福军	周 里	张闻文
赵 煌	姚 慧	侯兰英	郝际平
贾丽欣	崔恩泽	韩 瑒	谭良斌
熊家晴	易 涛		



序

奥林匹克精神是人类进步与文明的象征，奥林匹克建筑则是人类智慧的结晶与社会发展的标志。奥林匹克建筑史为人类留下了众多辉煌而灿烂的体育文化遗产，也记载了人类文明不断发展的足迹。

奥林匹克精神追求体育运动和文化与教育相融合，强调体育文化应为人的全面发展服务。把体育建筑管理作为一门科学进行系统的研究，虽说只是 20 世纪末的事，但奥林匹克体育建筑管理的实践从古至今已有上千年的历史，并伴随着人类的进步而飞速地发展。

体育建筑管理之所以成为一门新兴的体育学科，是因为有其特殊的研究对象和特有的研究内容，并在社会发展中具有特殊的地位和作用。21 世纪初，西安建筑科技大学创办了第一个体育建筑管理新学科，填补了我国高等教育领域中的一项空白。体育建筑管理作为一门新兴的交叉性学科，它融体育学、建筑学、管理学等学科为一体，经十载艰苦探索，其体系已初步构建并得到业界的广泛认可。这是因为中国社会的进步、经济的增长、体育事业的发展、体育组织的运



行都需要体育建筑，都需要高效的体育建筑管理，更需要大量的高层次的体育建筑管理人才。因此，关心和支持体育建筑与管理，是当今体育高等教育的一项义不容辞的责任。

体育建筑管理专业课程系列统编教材以科学发展观为指导，试图对体育建筑管理所涉及的各个领域进行系统的阐述，初步构建体育建筑管理学科的课程体系和教学内容，为我国体育建筑管理的学科建设和专门人才培养奠定初步基础。

自 21 世纪初创办体育建筑管理学科以来，经过体育、建筑、管理等多学科领域专家学者的辛勤耕耘，在 2008 年北京奥运会之际，我国第一套（10 本）体育建筑管理专业课程系列统编教材编撰完成并问世，实属难能可贵。我真诚地期待系列教材能够在为我国培养高层次的体育建筑管理人才过程中不断完善和进步。

中国工程院院士 西安建筑科技大学校长

徐德龙



前言

为了适应体育建筑管理学科快速发展，经过体育、建筑、管理等多学科的专家、学者多年的潜心研究与耕耘，终于完成了我国第一套《高等学校体育建筑管理专业课程系列统编教材》的编撰工作。

这一系列教材共 10 本，在编写过程中，我们坚持“守正创新、拓宽口径、整体优化、突出特色”和编审分离的原则，注重对相关交叉学科方面的设计，在教材结构与内容上突出“先进性、融合性、扩展性”的特点，力求全面反映体育科学的新发展，注意吸收国内外优秀教材的长处，加大实用案例引用，并附有相关文献、思考与练习，从多方面强化学生学习的主体性，为体育建筑管理学科更好地实现培养复合型人才的总目标做了一些实质性的探索。

本系列教材的编委会成员，主要由教育学、工学、管理学三大学科门类，以及体育学、建筑学、土木工程、环境科学与工程、材料工程、自动化、管理科学与工程等 8 个一级学科的 50 多位教师组成，其中 50% 以上的教师为博士、硕士研究生导师。这支高水



平复合型的作者队伍是这套系列教材能够实现多学科融合和高质量的最大保障。

《体育建筑概论》由刘加平、马斌齐担任主编，张闻文、谭良斌担任副主编，李志民担任主审。参加编撰的有王德炜、由文华、苏仕君、赵煌、肖勇强、贾丽欣、周雪蓉、易涛、王凯等参加了编撰工作。本系列教材的出版，得到了全国高等学校体育教学指导委员会的关心与指导，在此向所有参与、关心、支持和协助本套系列教材编写出版的单位、领导和教师，以及提供参考和引用其有关学术著作和研究成果的作者表示诚挚的谢意。由于该教材是在探索中编撰出版的，不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编委会主任 王德炜



目 录

第一章 体育建筑概述·····	(1)
第一节 体育建筑的发展历史·····	(2)
第二节 体育建筑分类·····	(12)
第三节 体育建筑的基本特征·····	(14)
第四节 体育建筑的发展趋势·····	(16)
第二章 体育建筑规划·····	(41)
第一节 体育建筑与城市规划·····	(42)
第二节 体育建筑基地的选择·····	(44)
第三节 总体布置与城市道路的关系·····	(46)
第四节 大学体育建筑规划布局·····	(49)
第五节 体育场馆规划布局实例·····	(59)
第三章 体育馆·····	(77)
第一节 体育馆分类与建筑空间构成·····	(78)
第二节 体育馆观众厅设计·····	(107)
第三节 体育馆其他用房的设计·····	(123)
第四节 体育馆练习馆·····	(136)



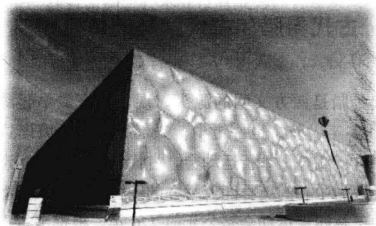
第四章 体育场	(143)
第一节 体育场总平面的组成和布局	(144)
第二节 体育场比赛场地	(157)
第三节 体育场看台设计	(167)
第五章 生态化体育建筑	(199)
第一节 生态化体育场馆设计原则与基本策略 ..	(200)
第二节 体育建筑自然通风	(210)
第三节 体育建筑自然采光	(216)
第四节 室外环境设计原则	(222)
第六章 体育建筑大跨度空间结构	(231)
第一节 体育建筑薄壳结构	(232)
第二节 体育建筑网架结构	(237)
第三节 体育建筑网壳结构	(246)
第四节 体育建筑悬索结构	(250)
第五节 体育建筑张拉薄膜结构	(258)
第六节 体育建筑充气薄膜结构	(261)
第七节 体育建筑悬挑结构	(265)
参考文献	(270)



第一章 体育建筑概述

体育建筑是体育运动的服务设施，其发展受到社会生产力、社会经济、科学技术水平和政治文化的影响，并与各个历史时期的社会结构密切相关。体育建筑是作为体育竞技、体育教学、体育娱乐和体育锻炼等活动之用的建筑物。

本章主要介绍体育建筑的发展历史、体育建筑的分类、体育建筑的基本特征和体育建筑的发展趋势。





第一节 体育建筑的发展历史

体育建筑起源于古希腊，那里有建筑史上占据重要地位的奥林匹亚城体育建筑群。从公元前 776 年开始，每 4 年在此举行一次奥林匹克运动会。体育场呈狭长形，观众席砌筑在场区山坡上。体育馆（也称体操馆）是供运动员进行室内操练的场所。古罗马的体育场为圆形或椭圆形，观众台采用骨架结构。现已发掘出的罗马大型竞技场遗址有 75 处之多，其中较为完整的是罗马大角斗场，建筑平面为椭圆形，可容纳 5 万观众。欧洲中世纪体育运动衰落，直至 19 世纪初，随着体育运动的复兴，体育建筑在工业时代才获得新生，随着工程技术的迅猛发展，尤其是第二次世界大战后（1950—2000 年）的 50 年，体育建筑取得了巨大的发展。

一、古代希腊和古代罗马的体育建筑

古代希腊是西方文明的源头，现代体育最早起源于古希腊。2700 多年以前，也许更早，人们就在爱琴海岸边奥林匹亚山谷中进行竞技，举行运动会。古代的奥林匹克运动会是在以宙斯神殿为中心的奥林匹亚举办的一种祭神仪式。有具体时间记载的奥林匹克运动会是公元前 776 年。根据考古挖掘和文献记载，奥运会最早的比赛项目是短跑，赛程约为 192 米，后来陆续增加了往返跑、武装跑、摔跤、拳击、赛马等正式运动



项目和大量的非正式项目。随着奥运会的兴起,新的赛马场、运动场、角斗场和各种神殿都陆续建立起来,在公元前6世纪中叶,形成了现在考古发掘的规模。通过在奥林匹亚发掘出的体育场可以看到体育场最初的样子:赛道上有大理石制成的起跑石;体育场的座位是利用克罗诺斯山的北坡,用土筑成一级级的土台阶,体育场的南面是人工的、昂贵的座位;场地末端是方形的,不像罗马时期或现代的体育场是曲线形的。通过古代希腊的体育活动与体育设施,有以下几点认识:

第一,古希腊已经形成系统的身体训练观念,这标志着体育本身已经成为一种独立的社会实践活动。当时,古希腊人为世界提供了实践体育所必需的社会组织形式:从单一项目的竞赛,到大型综合性的泛希腊运动会,都对古代与现代体育产生了重要影响。

第二,古希腊产生了一般意义上的体育建筑。希腊体育建筑形态单纯、纯净,多采用方形构图,围合性的空间模式初步呈现。体育场建筑形制已经初步形成,并表现出定型化的趋势。

第三,在古希腊,技术并没有成为体育建筑发展的决定性力量,结构形态上采用砖石砌筑的结构体系,技术的难点只是在于兴建如此庞大建筑群的组织与协调能力,没有考虑体育场的挡雨问题。

第四,古代希腊的体育建筑群,大多呈现非对称布置,并没有刻意追求宏大场面的安排。运动场多是依山而建,利用山体作为天然的看台,并结合神庙建筑,创造了多角度的良好视点。古希腊体育建筑形态是一种谦和的、人性的、自然的形态。建筑与人是统一和谐的,这都是古希腊民主政体的体现。



总之，古希腊的体育建筑在技术方面并不突出，但它与自然环境的完美结合，以及对体育精神的鲜明表达，使希腊始终成为人们心中的体育圣地。

古代罗马的体育建筑在形制上、规模上、结构上都达到了古代世界的最高峰。古罗马在共和制晚期和帝国时期，国内斗争日益尖锐，导致体育娱乐活动成为缓解阶级矛盾的工具之一，这推动了体育和娱乐活动的发展。罗马人把他们的时间大量宣泄在公共浴场、剧院、竞技场等娱乐场所。这种糜烂的生活方式随着罗马军队的战功，传播到几乎所有的罗马城市，人们兴建了无数的竞技场，用来观赏残酷的角斗表演。罗马的城市修到哪里，大竞技场就修到哪里，在当时，大竞技场就是罗马的国力与精神的象征（图 1、图 2）。



图 1 古罗马大竞技场内景

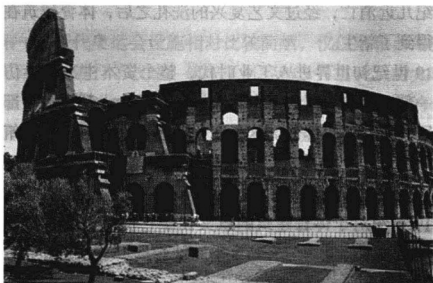


图2 古罗马大竞技场外景

古罗马的竞技场不是完全承传古希腊运动场的形制，它脱胎于剧场建筑，并最终形成完全围合的建筑形态，完整意义上的体育建筑得以最终在古罗马人手中诞生。这些竞技场多为椭圆形平面，也有圆形的，中央一块平地作为表演隧，周围看台逐排升起，观众区的视线良好，有便于疏散的出口，场地内有地下通道，甚至在体育场的顶上有索膜结构的遮阳篷为观众遮挡阳光，有喷泉为人们纳凉。已知最早的竞技场在庞培城，建于公元前 80 年。早期的竞技场有的还使用木材，但是很快就被石材取代。

二、工业时代的体育建筑（19 世纪初至 20 世纪 50 年代）

体育建筑经过古希腊和古罗马时期的短暂辉煌，在漫长的



中世纪几近消亡，经过文艺复兴的洗礼之后，体育建筑在工业时代得到了新生。

19 世纪初世界进入工业时代，整个资本主义社会仿佛都变成一部巨大的机器，每个国家，甚至每个人都成为一部高效率的巨大机器的一部分。这种变化唤起了人们对于新建筑类型的巨大需求：交通建筑、商业建筑、博览建筑、工业建筑等。体育建筑在这里并不是主角，甚至只是在孤零零地发展。但是，19 世纪对于体育建筑的意义在于它提供了体育建筑发展所需要的技术保证，即大跨度空间结构技术。

现代混凝土技术、巨型桁架技术、快速预制装配技术等很多对体育建筑发展起巨大推动作用的技术都在 19 世纪出现了。在 20 世纪上半叶，不仅钢材与混凝土的强度得到了提高，特种钢、特种玻璃、有机材料也开始出现在建筑材料的名单中，为大空间实现轻质、高强的覆盖屋顶提供了有利的条件。结构体系方面，薄壳、折板、网架、充气等新结构不断出现。这些新技术把实现大空间的技术手段扩大到了以前根本不能想象的范围，这为体育建筑的蓬勃发展提供了坚实的技术基础。

从当时的人文背景来看，文艺复兴使人们摆脱了宗教的沉重束缚，人文主义精神、理性主义光辉重新占据了人们的思想。工业时代的诸多科学发现，例如，进化论、新兴生物学、现代医学、解剖学等，使人们破除了宗教的压抑，对于自己的身体更加了解。新兴的资产阶级和市民阶层，在争取经济与政治利益的同时，也希望自己拥有更多的体育娱乐活动和充实向上的生活。在这样一个积极的文化背景下，发生了对于体育发展具有决定意义的事件：第 1 届现代奥林匹克运动会于 1896 年在雅典举行，从此揭开了现代奥林匹克运动的序幕。这次奥运会不仅对于现代体育，也对体育建筑的发展产生了划时代的



影响。

第1届现代奥运会设施相对比较简陋，仅仅对雅典的帕纳辛奈科运动场进行了改建，建成了可容纳7万名观众的大理石“U”型运动场，这正是参照古代希腊运动场形制建造的。由于这种场地不利于创造成绩，这届奥运会的成绩没有获得承认。但是，这座运动场的意义是不言而喻的，它开创了体育建筑的新纪元（图3）。

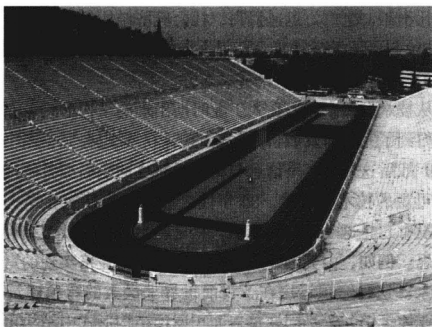


图3 第1届奥运会主赛场

20世纪上半叶是现代体育建筑发展的起步阶段。欧洲各国大量兴建体育场馆，体育建筑空间模式与建筑形制逐渐固定，部分体育建筑采用了舒适的座椅与雨篷。由于两次世界大战的主战场都在欧洲，许多体育建筑成为演兵场，并被赋予了较强的政治含义，一些体育设施在外部装饰上受到折衷主义的影响。总体来说，体育建筑在这段时间中发展缓慢，但却为战



后体育建筑的发展提供了样本与经验。

三、后工业时代的体育建筑（20 世纪 50 年代至 20 世纪末）

第二次世界大战之后，欧洲国家迅速从战争的废墟中站起，20 世纪 50 年代初，工业生产迅速恢复到战前的水平。战后的几十年，生产力迅速提高，社会经济结构发生变化，人们的思想、生活也随之发生了巨大的变化。体育建筑在这段时间取得了巨大的发展。

从技术发展来看，在大工业时期出现的结构形式，在这个时期得到了完善与发展，一些新的结构形式也在完善之中。可以说，战后这几十年是信息与高科技时代的全面准备阶段，积累了可观的技术与经验。80 年代之后的体育建筑在结构技术上并没有超越这一时期的水平，只是提出了有关新型结构体系的构思。例如，由美国建筑师富勒提出，由盖格实现的穹顶结构体系。这种穹顶运用在了目前世界上最大的穹顶建筑——佐治亚体育馆，它是同样覆盖面积屋顶结构形式中结构重量最轻的。在汉城奥运会之后，大部分跨度在 100 米以上的体育建筑都运用了这种结构形式。

由此可以看出，结构体系的成熟与体育建筑空间形态的发展是相互促进的。空间形态的解放，首先是结构体系的灵活多变。先进的结构体系，实现了大跨度无柱空间的需求，而结构所表达的美感又赋予了体育建筑新的建筑形象。体育建筑的建构手段在向使用轻质高强结构的方向发展，新型结构体系使建材的受力性能得到充分发挥。这些革新使空间形态的特征，在



由体向面、由重向轻、由直向曲、由稳重向轻盈不断转化。现代结构重视对空间连续性和结构轻盈感的表现，其空间构成手法也更加灵活。而轻型高强度的材料也应运而生。这些新结构体系、新建筑材料带来了全新的建筑体验，为体育建筑的发展提供了可靠的技术保证。

从人文环境来看，在战后的几十年中，社会财富大量增加，冷战阴影下的相对和平使体育真正成为社会生活不可缺少的一部分。生产力的极大提高使社会经济结构发生了重大变化。体育作为第三产业的一部分，表现出强劲的发展势头，趋于表演化、娱乐化、国际化和商业化。体育被赋予更多的文化意义，成为不同国家文化与经济交流与竞争的舞台，同时也是展现各个民族文化的载体之一，是文化的重要组成部分。

为了适应人们不断增长的体育活动需要，体育建筑的建设与发展几乎遍及世界每个城市。在 50 年的发展中，体育建筑的功能发生了很大变化：

第一，体育建筑由专用的变为多用途的，体育建筑的规模明显扩大了。

第二，体育建筑的功能逐渐复杂，多种流线的管理安排成为复杂的问题，体育建筑不仅要举行大型体育赛事，还要负担城市的展览、集会、演出等活动。

第三，体育建筑要承担大型会议、演唱会、举办各种展览等，相应的辅助设施也必将有所改变，辅助空间的复杂性随之增加。

第四，体育建筑日益被媒体所包围，不断发展并满足媒体的转播要求。

功能的改变直接影响了空间模式的进化。虽然体育建筑以大空间为主，主从关系明确的空间模式没有发生根本改变，但



是具体的空间秩序、流线安排有了新的改观。体育建筑总平面不再是原先的圆形、正方形等传统形式，而不对称椭圆形、枣核形、新月形、自由形、三角形平面等纷纷出现了。更有部分体育建筑利用结构的富余面积，赋予其更多的功能，例如，俱乐部、游泳池等，形成了一个主体空间、多个副中心的格局。

综上所述，第二次世界大战后体育建筑在技术和文化上的发展，改变了人们对于体育建筑一向的看法。虽然战后的那种追求体量与宏大、夸张与表现、厚重与稳定、高度与广度的体育建筑仍然在大量地建造，但也有很多建筑师在他们的作品中体现了体育建筑的新发展，这主要体现在以下三个方面。

（一）注重功能，讲究效益

体育建筑设计的基本任务是创造适宜的欣赏空间。优秀的体育建筑多从实用出发，将投资和设计的重点放在比赛场，追求良好的视质、舒适的座席、方便的交通、明亮的空间和宜人的环境氛围。体育比赛厅的平面大多紧密结合比赛场地形状和座席规模，采用视质较好的布局。功能设计的优劣直接关系到场馆效益的好坏，多功能设计也成为这个时期体育建筑的一个亮点。

（二）开发技术，复归自然

建筑技术的进步，使之与建筑艺术之间的关系更加紧密。随着新结构、新材料的出现，将会产生与之相对应的完美的艺术表现形式。



（三）重视人文，追求个性

体育场馆的体量较大，置身于城市，对环境质量和城市面貌影响显著。因此，如何使建筑融入环境，符合当地的人文特点，在和谐统一中体现个性是这个时代体育建筑面对的问题。

通过以上对体育建筑的一些新发展的分析，我们可以看出这一时期体育建筑的发展在理念上接受了现代主义的精髓，并有所扬弃。总体特征表现为：强调功能主义，提倡建筑形式取决于使用功能的需要；强调建筑设计应当自内而外，由功能而空间，自空间到形体，形态自由，并不强求对称；强调对新技术的应用，提倡建筑对新材料、结构、设备以及工业化设备特点的真实表达；强调建筑的“净化”，反对折衷主义与装饰主义的繁琐形式，提倡几何的、抽象的建筑空间形态，空间气氛追求简洁、明亮、轻快；注重地域文化特点表达的倾向；流动空间、有机建筑、开敞式布局等设计手法大量出现。

同时，体育建筑明显呈现出多元性的发展格局。以前的那种四方体量的建筑不再受到欢迎，个性化的创作受到鼓励。这种变化，最明显的表现在体育建筑的外在形态上。建筑师运用组合、变形、拼接等构成手法，在结构工程师的配合下，设计了大量新颖的建筑。在很多建筑师眼中，体育建筑是最有可塑性的建筑类型，如同机场建筑、博览建筑、交通建筑一样，体育建筑创作的成功很大程度上取决于建筑形体的创新。仿生学、形态学、类型学、新陈代谢理论为它提供了理论手段。这时期的体育建筑更多地表现三维空间中的形体动势，通过对各



种曲面、曲线形态的应用，打破了传统的地面—墙体—屋顶的模式，三个维度之间的界面彼此渗透，建筑表现的主题是力感的形成、凝聚、蓄势待发的冲动，甚至可以是表现力的释放，建筑的空间形态更加接近于自然形态，表现出丰富性与自由性，呈多元化态势发展。

第二节 体育建筑分类

体育建筑类型是由建筑的使用要求决定的，而使用要求又是随体育运动项目的需求变化而变化的。随着体育项目的增加，体育建筑类型也日益增多。通常体育建筑的分类有以下几种。

一、体育建筑是否覆盖

体育建筑是否覆盖是指运动场上空是否有覆盖物（即是否封闭），分以下两种。

1. 露天体育建筑

如游泳池或游泳场、足球场、田径场、排球场、篮球场、灯光球场等。

2. 室内体育建筑

室内篮球场、室内游泳池、室内足球场、室内田径场等。



二、体育建筑使用功能

体育建筑的使用功能是指体育建筑的使用目的，按照使用功能可分为以下几种。

（一）竞赛场馆建筑

如体育场、体育馆、游泳馆。其特点是馆内设有观众座席。

（二）练习和训练场馆建筑

如体操馆、乒乓球练习馆、排球训练馆、游泳池、田径场等。其特点是场馆内无观众座席。

（三）游乐、健身场馆建筑

如体育俱乐部、健身房、室内小游泳池、保龄球室、壁球室、台球室等。

（四）体育医疗建筑

如体疗室、气功疗室、骨科、保健按摩等。



三、体育运动项目

体育运动项目分类繁多，每一种运动项目都有其各自的运动特点，体育场馆也要根据不同的体育运动项目来设计建造。按照体育运动项目分类有以下两种。

（一）单项运动的场馆建筑

如乒乓球馆、排球馆、篮球馆、足球馆、游泳池、跳水池等。

（二）综合性运动项目场馆

如多功能体育馆、体育俱乐部等。

第三节 体育建筑的基本特征

体育建筑经过战后 50 多年的发展，无论从外在形态、结构形式、建筑材料都有了很大的变化和进步。但是，体育建筑因其特殊的使用功能，它的基本特征没有很大的变化，基本上包括以下三点。



一、建筑跨度大

由于要适应多功能使用要求，因而竞赛场地尺度大，观众座席要求舒适，从而使比赛大厅跨度增加，在建筑结构选型上多采用轻质高强的大跨度结构。

美国佐治亚州亚特兰大市体育馆容纳观众 7 万人，馆长轴 257 米，短轴 204 米，为此选用悬索结构屋顶，为目前全美最大的悬索屋盖。

我国上海体育馆，可容纳观众 1.80 万人，总建筑面积 1.65 万平方米，高 33 米。圆形屋顶直径 110 米。为解决大跨度问题选用空间结构体系的钢管网架（图 4）。



图 4 上海体育馆



二、观众容量大

巴西里约热内卢的马拉卡纳足球场可容纳观众近 20 万人。我国北京工人体育场观众容量达 8 万人。首都体育馆和上海体育馆观众容量达 1.8 万人。北京第 29 届夏季奥运会主赛场“鸟巢”可容纳观众近 10 万人。如此众多的观众在交通设计上、安全疏散上会有很多特殊要求。

三、厅堂体积大

体育比赛大厅净高达 12.50 米以上，面积一般在 1000 平方米以上，体积在 10000 立方米以上。这样大的体积，其音质问题就要求做声学设计，同时体积大给空间设计提出了新课题，照明、通讯、管线等建筑设备也较复杂。

第四节 体育建筑的发展趋势

由于“人人参与运动”及各类运动会的召开，为此而修建大量的体育场馆和完善配套的服务设施。生产的发展、人民生活水平的提高又为体育设施提出了新的、更高的要求。科学技术的发展、技术水平的提高又为实现这些要求提供了可能。由于城市交通的改善和日趋现代化，在城市体育设施的规划布局



上也发生了新的变化。另外，发达国家现代化体育场馆建设起步较早，经验较多，对我国蓬勃发展的体育场馆建设颇有借鉴价值。关注国外场馆建设的发展，对提高我们的设计水平很有裨益。体育场馆的发展趋向主要表现在以下几个方面。

一、场馆建设，重在普及

美、加、德、日等国大型体育设施现代化水平之高给人印象深刻，而一般场馆建设的普及给人的感受则更为强烈。加拿大蒙特利尔、埃德蒙顿、卡尔加里三座城市分别举办过 1976 年奥运会、1978 年英联邦运动会和 1983 年世界大学生运动会、1988 年第 15 届冬奥会。三座城市的现代化体育竞技设施闻名于世，而其群众体育设施之普及也同样令人敬佩。每个城市都有多处大型综合性体育俱乐部，既拥有不少室外场地，也拥有多个室内场地，涵盖了田径房、篮排球馆、冰球馆、游泳馆、体操室、健美室等。在各社区，一般设有游泳馆、冰球馆、健身房等设施，居民可以就近参与各种体育活动，一般普通 4 口之家竟有室内温水游泳池和壁球室。卡尔加里市有 50 万人口，仅室内冰球场就有 17 块之多，几乎同我国全国室内冰球场数量持平。

早在 60 年代，联邦德国制定了发展群众体育设施的“黄金计划”，后来又不断得到调整。日本在 70 年代制定了“体育场馆建设 10 年规划（1972—1982 年）”，其后，又出台了“社区体育设施整建计划”。这些计划的重点是群众体育设施，直接为群众健身服务。可见，发达国家群众体育设施之所以得到蓬勃的发展是与政策的引导分不开的。



德国 1996 年底有健身房 5500 家,按总人口计算约 1.50 万人有一家,而按城市人口计算则为 1 万人有一家。我国 1995 年底有各种室内体育设施 1.53 万个,供群众直接使用的很少。权且按 10%考虑即 1530 个,按全国人口计算约 78 万人一个,如按城市人口计算则 24.50 万人一个。德国每家俱乐部按最低标准一个健身房场地计算,中德相差 25~52 倍。这个差距竟超过总体差距 5~10 倍(我国平均 2000 人有一座体育设施,日本及俄罗斯等国 400~500 人有一座,差距 5 倍左右)。再从体育馆与健身房的比例看,我国约为 1:15,日本等国约在 1:100 左右。由此可见,国外体育场馆建设的重点是普及。

普及与提高是发展体育运动的两个侧面,互相促进,彼此制约,缺一不可。以往,我国由于财力有限,用少量财力物力优先发展竞技体育设施,可以有力地推动体育运动的发展和振奋民族精神。但在唤起全民体育意识之后,必须有相应的体育设施作保证。如今,国家实行“全民健身计划”和“奥运争光计划”,场地建设数量和投资规模必然要以普及为重点。

重视普及体育运动,积极发展群众体育设施,无论是吸取国外场馆建设经验,还是研究国内体育设施设计问题,都应当是首先重视的课题。

二、量力而行,平赛结合

近些年来,大型国际体育盛会,如奥运会、大学生运动会、洲际运动会等,对体育设施的要求越来越高。这既有竞技水平日益提高所需要的一面,也有借机展示国家和城市的政治



与经济建设成就、博取国际声誉的一面，以致国际性运动会，已不再局限于体育的竞争，还伴生出雄心勃勃的建筑方面的一比高低，于是，追求现代化和纪念性便成了时尚。

通过建筑手段体现现代化和纪念性，常常促使采用最先进的技术和追求宏伟壮观的体育设施。然而，国际体育盛会给予举办国的建设时间比较短促，多则四五年，少则二三年。在短暂的时间内，大量采用新技术和创造纪念性，付出的代价常常是惊人的。例如 1972 年慕尼黑奥林匹克体育场大面积采用索膜结构和透明玻璃钢屋面（7.48 万平方米），环境优美，建筑壮观独特，技术先进，博得世人称赞，但付出的代价颇大，投资决算超过预算竟达 10 倍以上（图 5）。

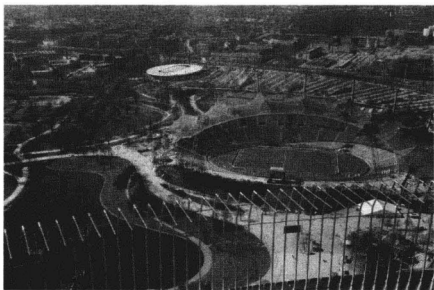


图 5 慕尼黑奥林匹克体育场

1976 年加大拿蒙特利尔奥运会，梅宗涅夫体育场的巨大悬挑雨篷以及 168 米高的桅塔、游泳馆和赛车馆的巨大壳体屋盖，全部采用装配式钢筋混凝土结构（图 6）。但是，工期有



限，完成巨大规模的钢筋混凝土工程不得不塔吊林立（最大起重吨位达 180 吨）、日夜加班赶工，结果建设投资超出预算 6 倍。这组气势非凡、个性鲜明的建筑群，既给蒙特利尔市带来了骄傲，也给市民增加了沉重的负担。建设投资出在纳税人身上，为偿还债务，仅市民住房房租就提高了 50%，并延续了 20 多年。这些严峻的现实给奥林匹克运动会投下了浓重的阴影。

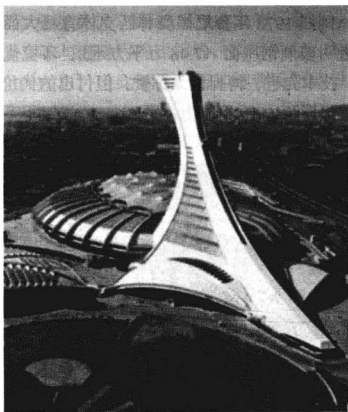


图 6 蒙特利尔奥林匹克体育中心

但令人欣慰的是，蒙特利尔的沉重包袱并未影响埃德蒙顿争办国际运动会的热情，他们以前车为鉴，另辟蹊径，成功地举办了英联邦运动会（1978 年）和世界大学生运动会（1983 年）。埃德蒙顿不强求现代化，以实事求是的态度量力而行，



采用分散的布局、分期建设的步骤、经济实用的建筑设计方案，仅用 4500 万加元圆满地举办了世界大学生运动会。一座颇具特色的 5 万人体育场只用了 2100 万加元，一座各种泳池齐备的游泳馆仅用 668 万加元。埃德蒙顿和蒙特利尔同属加拿大，但筹办运动会的指导思想不同，其后果差别颇大。可见，实事求是、量力而行，既是正确的，也是行之有效的。

继而，洛杉矶奥运会（1984 年），不仅一反惯例，开创了民间承办奥运会的先河，而且扭转了奥运会巨额亏损的被动局面并有所盈余，为奥运会的健康发展带来了生机。成功的基本原因，在于一个物质文明高度发达的国家，不尚虚荣，能以实事求是的态度精打细算，量力而行，这是发展中国家最值得深思的。虽然洛杉矶纪念体育场古老而不入时（图 7），在体育场外，围绕一圈的大篷车式洗手间，实在是绝无仅有，只能是一种不得已的补救办法；观众席排深多数在 60 厘米左右；主席台和贵宾室设在观众席之后；赛前热身场地远在 1000 米外的南加州大学等。但是，这届奥运会却能在 50 多年前建成的体育场上，用最少的钱解决了最基本的现代化需要，如铺设塑胶跑道，添置了电子设备、座椅和条凳，创造了隆重、欢



图 7 洛杉矶纪念体育场



快的开、闭幕式和激烈精彩的比赛场面，给人们留下的是现代化印象。

美、加、日等国许多体育界和建筑界的有识之士认为，现代化要求无尽无休，例如，许多国家代表队希望赛前封闭训练，以期出奇制胜，但至今没有哪个国家能提供如此众多的专用练习场地，只能是量力而行。

大型运动会的体育设施都面临着一个重大的现实问题，即运动会过后如何使用。

大型运动会对场馆规模、标准、用途、设施水平等的要求远远超过城市日常体育活动的需要，投资也相当巨大。但一座城市举办大型运动会是几年，甚至是几十年一次且为时短暂，最多不超过 15 天。以往，有不少城市只从大型国际比赛出发，对 95% 以上的平日使用考虑甚少，以致赛事过后变成了城市的沉重负担。因而，国外有识之士认为，场馆设计应有长远打算，在满足大型比赛的前提下，把规划与设计重点放到平时使用上来，即两者兼顾，平赛结合。国外解决平赛结合问题是把重点放在场馆的规划布局和功能设计上。大型运动会的场馆布局基本有两种形式，一为集中式布局，如 1972 年慕尼黑、1976 年蒙特利尔和 1988 年汉城奥运会，以及 1974 年德黑兰亚运会等；二为分布式布局，如 1960 年罗马、1964 年东京、1968 年墨西哥城、1980 年莫斯科、1984 年洛杉矶、1992 年巴塞罗那、1996 年亚特兰大等奥运会，以及 1983 年埃德蒙顿和 1985 年神户世界大学生运动会、1982 年新德里亚运会等。

所谓集中式布局是指一些主要设施，如主体育场、体育馆、游泳馆，甚至赛车场、运动员村等集中布置在一处，此外，还有大量场地分散在市区各处。分布式布局则指主要场馆建筑分布在两三处的小集中，并非星罗棋布。



集中式布局有利于运动会的组织工作，运动员来去方便，但对观众并不有利。一二十万观众的集散给城市交通带来巨大的压力，而它的最大缺点还在于赛事过后难以充分利用。分布式布局虽然对运动员不够方便和给运动会组织工作带来一些困难，但赛后有利于市民使用，能与城市多中心发展趋势配合，促进城市建设的合理发展。尽管这两种布局方式仍在比较和讨论之中，但从趋向看，分布式布局的优点日渐明显，采用得越来越多。

三、注重功能，讲求效益

多功能相结合主要靠活动座席来调节，初始投资可能稍大，但可充分利用。从刊物上看国外体育建筑，印象最深的一般是先进的技术和新颖的造型，而对其注重功能、讲究效益的一面却比较模糊。但当身临其境，实地看过之后，印象最深的首先是它的功能和效益。

美、加两国体育设施多属俱乐部管理，自主经营、自负盈亏，十分重视经济效益，一般都有所盈余，维持自我发展。

国外体育馆讲究效益是多方位的，如多功能设计减少非收益空间、设置大量餐饮小卖部、休息厅和辅助房间的多种使用、压缩在编职工雇用临时工代替（收票、售货、保安等），以及其他一些措施，其基本做法就是综合利用。功能设计的优劣直接关系到场馆效益的好坏和生命力的强弱，因而国外场馆十分重视功能设计，考虑问题比较宽广，不局限于一时比赛，更重视平日利用。

蒙特利尔梅宗涅夫体育场在奥运会后，实现多功能利用，



除田径外，可举办橄榄球、棒球、足球、冰球、摩托车、展览会、音乐会、集会等活动。20 世纪 80 年代后期，中间的活动屋盖也终于得以实现，为 7 万人的体育场全天候开放创造了条件。温哥华 1983 年建成的哥伦比亚体育馆是一座 6 万人的充气屋盖结构的体育馆（图 8），通过各种活动地面和大型活动看台的灵活变换，使其功能比梅宗涅夫体育场有过之而无不及。

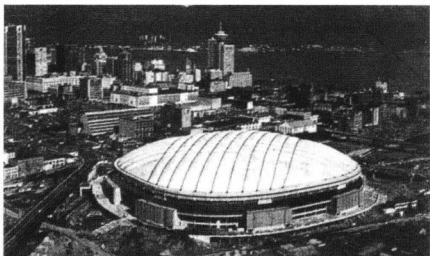


图 8 哥伦比亚体育馆

北美国家相当钟爱橄榄球和棒球，而棒球场地和看台同橄榄球的场地出入颇大，把它们组合在一起难度较大，但为提高利用率却又常将它们合在一起，办法就是用大量活动看台作调节。奥克兰阿拉米棒球场打橄榄球时将其场地横向布置，在球场北侧布置活动席位达 1 万个，同固定看台构成基本封闭的看台布局。纽约席阿棒球场则将橄榄球场顺摆，用两个各有 5000 个席位的半月形整体活动看台沿轨道移动成橄榄球场布局（图 9）。依美国经验，5 万~7 万人的球场所用活动看台量约占 20%，增加投资 7%~8%，而利用率则可大大提高。

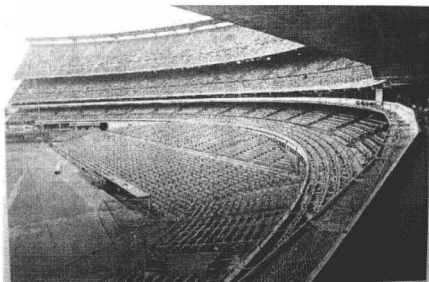


图9 纽约席阿棒球场看台

美、加、德等国的体育馆多为冰球馆，观众席位常为1万~2万个，但用途并不局限于冰球。慕尼黑奥运公园冰球馆容纳1万~2万人，除冰球外，可举行自行车、田径、手球、篮排球、网球、拳击、歌舞、音乐会等活动，功能很广泛，利用率较高。洛杉矶纪念体育场与看台下空间连通，形成规模可观的展览会场，运货卡车可直接开进场地。洛杉矶论坛体育馆、纽约B.B体育馆、埃德蒙顿北国体育馆等，既可打冰球和一般球类，也可举办音乐会、展览等活动。这些体育馆每年开展有观众的活动场次在200场以上，收入可观，加上餐饮小卖部等收入，一般都有盈余。

1983年日本大阪建成很现代的大阪城体育馆（图10），场地和看台都是椭圆形布局，可进行田径、冰球、篮排球、网球、体操、集会、展览、文艺等活动。设有9000个固定座席、4000个活动座席、2000个站席，最大容量达1.6万人。场地上设有活动舞台，根据使用需要借助机械移动，可做出三种不同的布局。



图 10 大阪城体育馆

神户 1984 年在人工岛上建成世界纪念体育馆（图 11），供世界大学生运动会排球和体操比赛使用，但功能设计不止于此，它还可进行田径、篮排球、网球等比赛和展览、会议、音

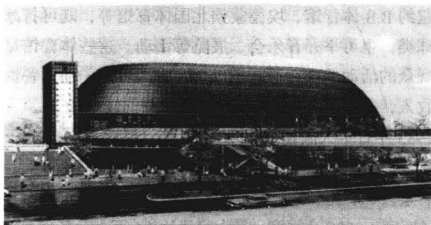


图 11 神户人工岛体育馆



乐会等多种活动。椭圆形看台内圈是 8 排活动看台铝合金台架，每 5 个单元共 45 个席位宽为一组电控同步移动，如有需要，活动看台也可以伸出一半座席，技术先进，座椅舒适。该馆最大容量为 1 万人，其中固定座席仅 3522 个，而活动看台和活动座椅占了 $2/3$ ，变换布局机动性很大。

1985 年以相扑比赛为主的 1.15 万人两国国技馆在东京两国地区建成（图 12）。相扑是日本最崇尚的民族体育，称为国技。传统上相扑比赛每年在东京举办 3 次，每次 15 天。该馆一年内举行相扑比赛最多不过 45 天，为减少闲置、提高效益，设计打破了传统做法，实现多功能化，设置了活动看台扩展场地，可满足球类、展览、音乐会、集会等需要。为节省用水，还将雨水收集过滤，可解决 70% 的厕所用水。

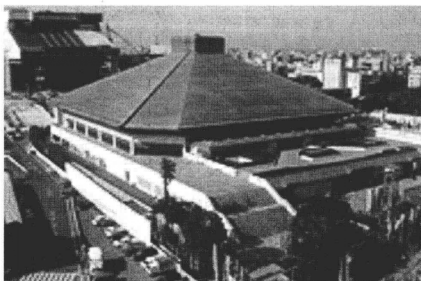
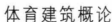


图 12 东京两国国技馆





儿童和初学游泳者的需要。

美、加两国体育场馆普遍设有规模很大的餐厅和咖啡厅,如温哥华哥伦比亚省室内体育场设有 1000 座席的餐厅,观众可以提前几个小时入场,会友、用餐。餐饮设施一定程度上取代了休息厅的部分功能,并显著提高了舒适程度。此外,国外体育场馆多将观众休息厅集中布置在 1~2 层,以求节省面积、提高效率、方便管理。内场用房间一般是将柱网扩大、灵活分隔,以利多种使用。

四、区别对待,力求实用

体育场馆设计的基本任务是创造观赏空间,这涉及到许多因素,因此设计难度较大。而如何区别主次、权衡利弊、恰当处理,则是一个值得重视和认真研究的问题。

国外体育场馆设计在这方面具有可取之处。他们的设计多从实用出发,该区别对待的则力求层次分明,不该制造人为差别的则一视同仁、同等对待。最为突出的表现是观众与贵宾、比赛场地与休息厅的关系处理,前者还人为地分开制造差别,后者则明确区分,分别对待。观众与贵宾在设计中的矛盾,主要反映在座席安排和疏散布置上。许多国外体育场馆不设主席台和贵宾席,这不仅减少了设计麻烦,也使比赛厅(场)的平面空间布局更合理。

美、加两国的体育场、棒球场和一部分体育馆设有大量包厢,但它不具有我国场馆设计的主席台含义。奥克兰的阿拉米达、纽约的扬基、席阿、巨人等棒球和橄榄球场;蒙特利尔和温哥华的室内体育场等都设有上百包厢,但位置不如主席台那样显



赫，是放在不大醒目的看台中部夹层里。这种包厢高价长期出租，不是无偿使用，一个有十几个座位的包厢附有酒吧和洗手间，年租金 5 万~6 万美元，而观赏比赛须另购入场券。包厢席位数量约占观众席总量的 2%，但收入可占总收入的 10% 左右，是一笔份额较大而稳定的收入。体育馆设置包厢不多，洛杉矶论坛体育馆和东京新国技馆设有比较简单的包厢。前者均匀分布在楼座入口旁分隔出一部分座席作为包厢，后者则在活动看台上做炕式小包厢，供人群席地而坐、边饮边欣赏相扑比赛。

东京明治公园体育场、代代木游泳馆、神户六甲山体育场，以及德国慕尼黑奥林匹克体育场等设置了贵宾席，但座席不多，一般只几十座。疏散设计为避免不同人流交叉干扰，宜分主次。国外体育场馆，一般看不到我国近些年流行的大台阶，而大多采用下沉式空间布局，有 $1/3 \sim 2/3$ 看台处在地平线以下，如蒙特利尔奥运会游泳馆（图 14）。

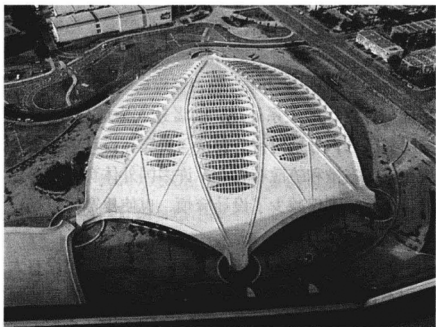


图 14 蒙特利尔奥运会游泳馆



大台阶的实用价值在于可创造出中行式疏散，排除观众同首长、贵宾及运动员人流交叉干扰。但这是以少数人为主（首长、贵宾人数占人流量的1%），而让多数人服从于它，使成千上万人爬上爬下，走冤枉路，未免本末倒置。下沉式布局的主要实用意义也在于创造中行式疏散，但它是大量观众为主，使其疏散路线尽可能短捷，而首长、贵宾、运动员等下到地下层行走路线虽有所增加，但毕竟是少数人。以大量观众为主、为群众服务的思想不仅可贵，而且可以带来较大的实惠，如避免紧急疏散时可能的损失、减少大量辅助用房及节省能源等。

观众厅和休息厅是观众使用的两个主要空间，但它们地位并不相同。国外体育场馆对这两个空间的处理与我国有所不同，特别是休息厅的处理有明显的出入。

美、加、德、日等国体育场馆的休息厅给人的印象是俭朴，甚至有点简陋。看不到豪华的装修、家具及展览橱窗等陈设，宽敞的休息大厅最醒目的标示是疏散坡道和楼梯，以及比比皆是的小卖部，毫无追求富丽堂皇之意。体育场馆的观赏活动不同于影剧院，它没有明确而较长的中间休息，观众在灯火辉煌的环境里可以随意交谈评论、振臂高呼、摇旗呐喊，更可以在座位上喝饮料嚼食品。休息厅所承担的任务，仅是疏散、盥洗如厕、购买食物，实质是以人流过渡为主，休息为辅。

国外体育场馆投资和涉及的重点是比赛厅或场，设施条件和装修水平都高于休息厅，追求良好的视质、舒适的座席、方便的交通、明亮的空间和宜人的环境氛围。

座席质量尤为国外所重视，极力追求舒适和方便。美、加两国的体育场和棒球场等，露天看台基本都用玻璃钢或铝合金靠背椅，甚至有的学校，如加州大学体育馆也采用了舒适的软式靠背椅。为追求舒适，座席宽度也在加大，第二次世界大战



前美国采用 45.72 厘米座席宽，战后生活安定，人们身体趋胖而采用 50.8 ~ 55.88 厘米席宽。日本略有逊色，新建的六甲山体育场和新改建的明治公园体育场都是以条凳为主，仅在主席台附近采用靠背椅。神户世界纪念体育馆和大阪城体育馆等新建体育馆开始采用软式靠背椅。

观众在看台的行走也为国外场馆设计所重视，宁肯少设座席，也要保证出入方便，特别是室内看台，普遍以 8~12 个座席为一个单元的高纵向通道，既便于观众出入，也有利于售货员现场售货。我国常以多一倍的座席为一单元，因而凭直觉即可看出与国外的不同。此外，楼座看台一般是设横向小楼梯将观众送到底层休息厅，省去了从座席区挖出入口和横向过道，经济实用。

五、开发技术，更新材料

自然科学技术的进步，使得容纳成千上万人的大型露天体育设施不断向室内转化，避开自然界的不利因素，实现全天候开放。但是，由于建筑技术手段的发展尚不完善，以及经济条件不足等原因，由露天转向室内的同时又舍弃了自然界于人有利的一面，以致人工环境并不理想和完美，人们并不满足这种不完美的现状，力图复归自然。多年来，国外体育场馆不断向新技术发起冲击，且日渐加强，常有各种开创性作品问世。

体育馆复归自然的难点首推屋盖结构。解决大空间的覆盖已非轻而易举，进而要求开窗打洞，随意开合，难度更大。与此同时，有些体育场馆设计早已向复归自然发起冲击，如 1960 年罗马奥运会 1.5 万人体育馆、1968 年格勒诺布尔冬奥会冰球馆、1976 年蒙特利尔奥运会自行车馆等以不同方式都



向薄壳屋盖结构发起冲击,突破束缚,开出各种形式的大片采光窗,让阳光洒满大厅,人们重归自然怀抱。这些作品对结构技术的推进、建筑空间氛围的创造和建筑造型的创新,都具有重要的开创意义。

日本代代木综合体育馆和岩手县体育馆都是采用悬索屋盖结构(图13、图15),同耶鲁大学的两片双曲抛物面屋盖形式基本相同。但它们打破了封闭感,朝复归自然迈进了一大步。两座体育馆都是从屋盖结构的周边构件上找到了突破口,巧妙地解决了自然采光,创造出令人兴奋激动的空间效果。

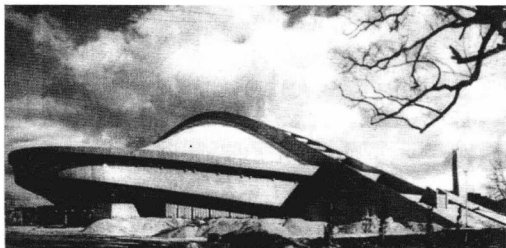


图15 日本岩手县体育馆

大型体育馆采用活动屋盖设想和实践已有多年历史。1961年建成的美国匹兹堡冰球馆,其1.4万人的圆形大厅直径125米,由可开可合的八瓣不锈钢屋盖组成,至今仍有开拓性意义。蒙特利尔梅宗涅夫体育场可收可张的透光尼龙织物屋盖为120米×180米,经过十多年磨难,终在1987年建成。

加拿大多伦多市1989年建成的棒球场,可开闭的屋盖跨度达205米,可容纳观众5万~6万人(图16)。1993年日本



福冈建成的活动屋盖棒球馆，直径达 212 米，容纳观众 5 万人（图 17）。这些场馆复归自然的步伐越来越大，给人们带来的实惠也越来越多，使人们看到了复归自然的曙光。

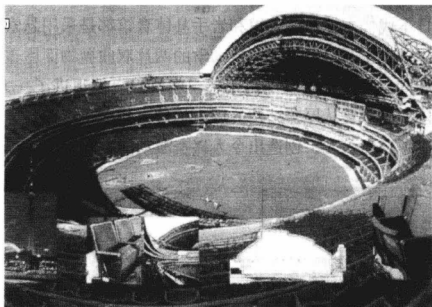


图 16 加拿大多伦多棒球馆

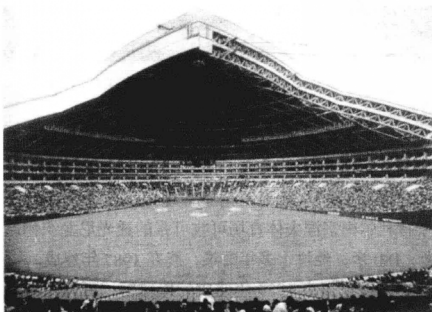


图 17 日本福冈棒球馆



薄膜结构的出现,使得巨型体育场馆的覆盖兼顾采光增加了较多的现实性。薄膜结构有自重轻、透光好、架设简便等优点,具有很强的竞争力,使其在巨型体育场馆建设中很快推广开来。美国、加拿大两国仅在 1974—1984 年间就建成十多座充气结构的体育场馆,观众 5 万人以上。其中短轴为 155 ~ 190 米、长轴为 183 ~ 235 米的巨型室内体育场占了 5 座。

薄膜结构的发明未必是出自复归自然,但它却使巨型体育场馆较容易地走上了复归自然的途径,受到了人们的欢迎。例如,亚特兰大佐治亚体育馆的结构是一个空间桁架,其底部弦杆由环形索替代,屋顶为 240 米 \times 192 米的椭圆形,是世界上最大的索膜结构。它由涂有聚四氟乙烯的玻璃纤维膜覆盖。屋面呈钻石状,视觉效果似水晶一般 (图 18)。



图 18 亚特兰大佐治亚体育馆

随着科学技术日新月异地发展和人们生活水平的不断提高,复归自然的步伐在不断加快,创造既不受自然界不利因



素的影响，又能保持自然气息的体育场馆已逐渐成为一种发展趋势。

六、重视环境，追求个性

美、加、德、日等国的体育设施，有的雄伟壮观，有的亲切宜人，环境优美，建筑形象各具一格。稍加探究，可看出它们的共同倾向是重视环境，追求个性。

体育场馆的体量较大，置身于城市对环境质量和城市面貌影响显著。国外体育场馆设计对此十分重视，依地形地势和环境特点确定场馆体量的安排、尺度的处理和形象的塑造，力求场馆建筑融合于环境之中，取得和谐统一。

慕尼黑奥林匹克公园，原是堆满建筑垃圾的废弃机场，总体规划不是铲平，而是利用起伏的地形，将体育馆、冰球馆、游泳馆、赛车场等建筑灵活自由地布置在不同标高上，并做出动人的湖面和小丘，形成一处有山有水、有草有树，颇具生活情趣的体育公园（见图 5）。纽约巨人橄榄球场（图 19）、赛马场、B.B 体育馆 3 座建筑处于十分开阔，有大量停车场的空旷场地上，采用雄浑的尺度突出建筑物的宏伟以主宰空间环境。洛杉矶论坛体育馆比较孤单，以取简洁的体形、雄浑的尺度控制环境。

美国加州大学体育馆和加拿大卡尔加里大学速滑馆都是校园建筑，尽管校园并不拥挤，但还是力求缩小建筑体量以比较亲切的尺度求得环境的开阔和谐（图 20）。



图 19 纽约巨人橄榄球场



图 20 加拿大卡尔加里大学速滑馆

体育场馆或取庞大的体量、巨大的尺度，或取较小体量、近人尺度，都是以环境需要为前提，表明对环境的重视和尊重。

追求个性、体现体育运动特征是国外体育场馆普遍重视的课题，其个性的塑造、特征的表达，主要依靠空间体型的深入



推敲和结构形态的巧妙运用。

美国罗利体育馆、耶鲁大学冰球馆（图 21）、日本代代木游泳馆（图 22）、岩手县体育馆，先后建成时间相差不过十几年，又都是悬索屋盖结构，但由于对空间体型的不断推敲和对



图 21 耶鲁大学冰球馆

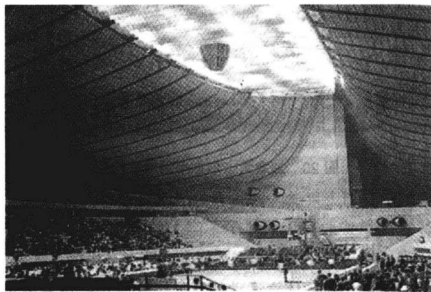


图 22 日本代代木游泳馆内景



结构形态认识的加深与巧妙运用，而使其建筑形象各有特色，别具一格。

1958年建成的耶鲁大学冰球馆，用两片索网组合，中间由拱架托起，从而达到了量体裁衣的完美地步。而1964年建成的代代木游泳馆，从结构形态的角度看只是做了两个不大的改变：一是用柔性索脊取代中央的刚性拱，二是用两片索网将屋面在纵向上拉开错位。如此一来，既解决了天然采光，又使其平面空间布局独具特色、形象新颖别致。这是一条继承与创新、空间与形象、建筑与结构渐趋完美结合的发展道路。

国外体育建筑的个性创造，更常见的是依靠空间的真实反映和结构形态的恰当利用。美国加州的阿拉米达体育馆和论坛体育馆，形象各异，各具独特个性，但其功能结构、平面空间布局以及建筑规模都基本相同，差别在于反映空间的方式和运用结构形态的手法。美国伊利诺斯大学体育馆由一个巨盆做承托、一个大碗做覆盖，形体极其简洁，空间合体，结构先进大胆，鲜明的建筑个性自然而然生（图23）。



图 23 美国伊利诺斯大学体育馆



德国汉诺威游泳馆用两个简洁的大小不同壳面组成的空间合体适用，平面比较独特，建筑形象别开生面。格勒诺布尔冰球馆用两个简单的大小不一的筒壳相互交叉并适当剪裁，竟然形成既少见又十分合理的菱形平面，其空间新颖明快，形象出类拔萃。以空间体型和结构形态为基础进行的建筑形体设计，真实可信，是建筑与结构、艺术与技术完美结合的创作道路之体现。

思考题

1. 简述体育建筑发展的历史。
2. 体育建筑是如何分类的？
3. 体育建筑的设计特点有哪些？
4. 简述体育建筑的发展趋势。



第二章 体育建筑规划

体育建筑由于其占地面积大、体积庞大、造型独特和功能先进等原因，许多城市都把体育场馆当做标志性建筑，以期对城市形象产生好的影响。另外，体育建筑的总平面布局、规模标准、功能定位、设备配套等方面合理与否，将对城市总体规划、城市社会活动和人民健身产生较大影响。因此，体育建筑的规划布局就显得尤为重要。

本章着重从体育建筑与城市规划的关系、体育建筑基地的选择、体育建筑总体布置与城市道路的关系、大学体育建筑规划布局等几个方面，探讨体育建筑规划与设计应注意的问题，同时介绍体育建筑规划布局两个实例。





第一节 体育建筑与城市规划

体育建筑的建设规模大、涉及面广、投资多，是城市规划中一个综合性的系统工程。因此，必须与城市总体规划相结合，并考虑以下问题。

一、与城市整体相协调

（一）遵循市场经济规律，坚持宏观规划与实施规划相结合、社会效益与经济效益相结合、相对集中与分散布局相结合（以分散布局为主）的原则。

（二）要从城市的发展动力和市场机制着手，紧扣体育产业创新网络与城市有机衍生这两条主线，与城市空间、建筑主体、城市道路、绿色空间有机组合。

（三）根据城市发展、社会需要、经济投入、技术实施的可行性、城市近远期经济发展规划等，为体育场地提供必要的基础服务设施，解决体育场地“人气”“人缘”的问题（包括人流、物流、信息流、资金流，以及大型赛事后使用率提高的问题）。

（四）竞技体育、健身娱乐、体育设施配套都难以脱离城市的现代化和社会化。因此，体育场地的规划建设必然建立在符合社会观、价值观的基础上，糅进社会群体共同的经验、知识思想、情感、意识和观念，并得到社会的共同认知，才会产生社会价值。



(五) 体育文化是城市综合文化的一部分,是城市历史发展的积累、积淀、更新的表现,也是人们聚集活动不断适应城市社会行为、观念行为模式的反映。要把体育场地规划与城市的自然特征、土地特征、人文特征相结合,使之形成一种内在的穿透性,把人的活动与文化实体、建筑的内外环境交融在一种相互依存的关系中,实现人群与城市文化天然交织的融合,以形成一座城市的体育文化、旅游文化,为城市带来环境、社会和经济效益。

二、体育设施建设序列化

体育设施建设的序列化是根据城市发展、社会需要、经济投入和技术实施的可行性而建立的。这种序列就是基础设施和城市的道路交通建设先行,并与城市的近、远期经济发展规划相衔接,否则就会影响体育设施的建设和使用。

三、体育场地规划建设定位经济合理

经济是体育场地规划建设一个比较重要的因素,有时甚至起到决定性的作用。以 1976 年加拿大蒙特利尔第 21 届奥运会为例,主体育场奥林匹克体育中心采用了装配式 168 米高的钢筋混凝土结构桅塔及大壳体屋盖,造成建设投资成本超过预算 6 倍,把一个原本打算办成“俭朴”的奥运会变成“吞食资金的陷阱”,使主办城市和纳税人付出了巨大代价。

为此,许多国家均在研究奥运会场馆建设与主办城市经



济、环境状况相吻合的具体措施，避免盲目投资的情况再次发生。第 24 届韩国汉城奥运会投资十分小心谨慎，提出“政府投资，能省就省”，特别值得一提的是，奥运会使用的 27 条国际电视线路、计算机光缆通信传送设备全部国产化。

第二节 体育建筑基地的选择

由于体育建筑对城乡居民生活以及道路交通组织影响较大，因此体育建筑基地的选择是很重要的。体育建筑基地的选择应着重注意以下几个方面。

一、规划布点要合理

体育建筑，尤其是规模较大的体育场馆，以及公共游泳场馆，均为广大群众锻炼身体、观看比赛或进行其他公共活动的场所。因此在大中城市，体育建筑的布点要考虑工、农、学校、机关等特点进行规划分布，并做到布置合理，便于人流疏散，距离适中，方便群众。由于大中城市人口集中、城市用地较为紧张，不可能集中设置体育设施，因此多采用分布式布点，考虑城市布点的均衡。

对于一般区、县城镇，由于其城区规模较小，人口一般为 3 万~5 万，因此体育建筑基地的选择较大中城市相对容易一些，尽可能选在城市中心集中设置，以节约投资和方便群众使用。当然，城镇范围较小，即使布置在城镇边缘，也不会给城



区居民带来交通上的不便。

二、充分利用自然条件和市政设施

这样不仅可以节约建筑投资，而且在现有情况下还可以节约经常性运转费用。例如，福州市温泉游泳馆，充分利用天然温泉水源，春寒泉暖，水温一年四季都在 24℃ 以上。又如金城江游泳场利用河水动力将清澈的天然河水提升注入游泳池内，既不需要循环过滤设备，又节约电力。再如南京五台山体育场以及重庆市体育场、体育馆和新建游泳池因地制宜地利用山城岩坡修建观众看台都是成功的经验，值得总结推广。

三、与城市公园、绿地相结合

体育建筑与城市公共游憩公园或绿地相结合既方便群众，又可美化城市环境。例如，南宁体育馆位于邕江南岸，体育馆体形轻巧玲珑，与周围的棕榈树丛相烘托，丰富了南国风光。广州市游泳馆坐落在越秀公园内，四周树林荫郁参差披拂，具有特色的拱形跳水台，倚山带水，实为公园增色不少。

四、考虑远近期用地

一般情况下，场馆附近需要建造相应的练习场馆。一组体育建筑，即便一次规划设计，分期修建，也应在规划上考虑到



将来用地局部变化的可能性。

在规划、交通安排上，一方面要保证体育建筑本身大量观众的安全疏散，另一方面也要避免在体育建筑使用时大量人流和车流可能堵塞城市交通。

第三节 总体布置与城市道路的关系

公共体育建筑接纳的人群数量巨大。大量人流、车流都要在同一时间内集中通过城市道路系统进行集散。因此，体育建筑总平面的对外疏散口与城市道路和公共汽车站之间的安排应合理，且联系方便。一方面应保证观众的安全疏散，另一方面应避免大量人流影响城市交通。因此大型体育建筑中心的修建，无疑都会给城市道路的建设带来较大的影响。

1964 年日本东京为迎接第 18 届奥运会，改建了 2 条环路、6 条放射快速公路，总长达 100 公里。1972 年联邦德国慕尼黑为举行第 20 届奥运会，在城市中专门建了 3 条环路，铺设的道路和广场面积共计 50 余万平方米，以及桥涵立交 40 余处，总投资约计 3 亿马克。

另外，在体育建筑总平面布置与城市道路关系问题上应注意以下几个方面。

一、应布置在临近干道或几条道路汇合处

体育建筑基地的四周应有较多的道路与城市干道相连接，

图 24 天津体育馆总平面图

又如呼和浩特市内蒙古体育馆的北侧面面临一条城市干道，在进行总平面布置时，于体育馆南侧开辟一条通路与另一条城市干道相连，也合理地解决了人流与车流的疏散问题（图 25）。

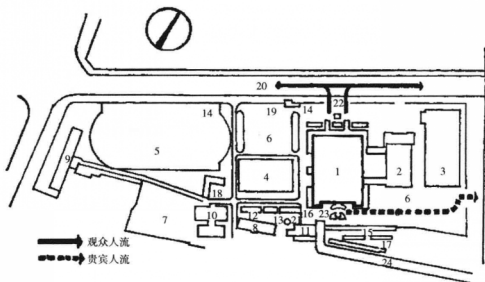


图 25 内蒙古体育馆总平面图



二、城市公交车站与体育建筑用地合理连接

在较大的城镇中，体育场馆前主要人流方向上的公交车站，应与体育场馆设置在城市干道的同一侧，或以立交、地下通道直接与之相连，这样可以减少和避免人流穿行马路的风险。

例如，上海体育馆坐落在市区西南，位于漕溪北路、中山路和斜土路三条城市干道的汇合处。散场时人流多沿漕溪北路往徐家汇方向疏散。由于候车人流在体育馆用地的同一侧，所以穿行马路的人流较少，而贵宾、运动员的车流则由中山南路一边疏散，与观众疏散人流不相干扰，较为合理（图 26）。

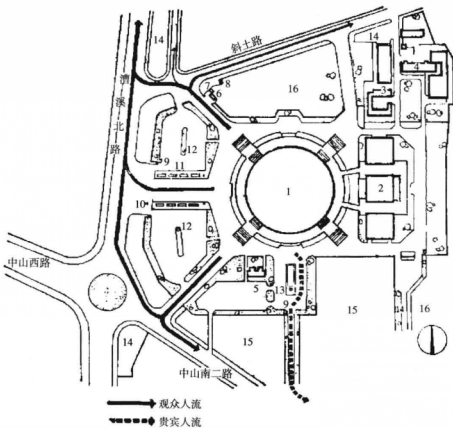


图 26 上海体育馆总平面图



北京首都体育馆则与此相反，散场时主要人流方向上的公交车站及停车场均布置在城市干道的另一侧，而又无立交人行通道与之相连，致使散场时经常造成交通堵塞。

联邦德国慕尼黑体育中心奥运村东侧地铁入口，以及两地铁出入口之间的公共汽车站，均设置在基地的一侧，并以行人步道和两座跨越城市干道的天桥分别与奥运村及体育运动中心连通。基地西侧的城市高架电车枢纽站，虽坐落在城市道路的另一侧，但在城市干道上也架设了两座人行天桥与基地相通，较好地解决了人流与城市车流之间的矛盾。

三、体育设施之间的交通联系

在大型比赛时单一的体育中心往往不能满足竞赛要求。1978年在加拿大蒙特利尔举行的第21届奥运会共有25个竞赛场地，其中16个设在蒙特利尔市，因此这些场地在竞赛期间都有较方便的联系，尤其重要的是运动员村与各主要竞赛场的联系。在墨西哥城举行的第19届奥运会，其奥运村与奥运会中心相距25公里，在两者之间建立了7条高速公路以解决交通联系。

总之，体育建筑与城市道路及交通关系重大，因此基地的选择和规划设计应认真考虑其相互间的关系。

第四节 大学体育建筑规划布局

在我国当代大学校园规划与建设中，大学体育场馆的规划



设计是校园整体规划设计中重要的一环,草率地对待大学校园中体育场馆的规划设计,会对校园的运转和发展产生不利的影响。

大学校园的总平面规划设计应满足学生全面发展的需要,以创造良好的教学和生活环境。学校的总平面规划设计按功能的不同可分为教学区、体育运动区、学生生活区、实验实习区等。研究大学体育建筑的选址与布局,首先应研究体育运动区与其他区之间的关系,才能对体育运动区在大学校园中的位置有明确的认识。

一、体育运动区与其他区的关系

(一) 体育运动区与大学生的日常生活密不可分

体育馆是校园设施中利用率最高、吸引学生最多的建筑之一。为了便于学生使用,体育馆在选址时应尽可能地接近学生生活区。美国的大学曾经做过调查,在同一大学内各个非教学用的体育馆中,学生的利用率和体育馆与学生宿舍之间的距离成反比,说明体育馆与学生生活区如果距离近,则对学生的体育活动能够起到推动作用。同时,体育馆也不能距离教学区太远,以便于上体育课的学生能在课间 10 分钟往来于两者之间。

如果学校只有一座体育馆,那么体育馆的位置应位于学校的中心区,并以接近教学区为主,便于学生在课间时间能由教室到达体育馆。如果学校有以学生课余活动为主的体育馆,则它的位置应靠近学生生活区,以方便学生的课余锻炼。西安某高校在校园规划中将体育运动区与教学区和学生生活区的关系处理得较好(图 27)。

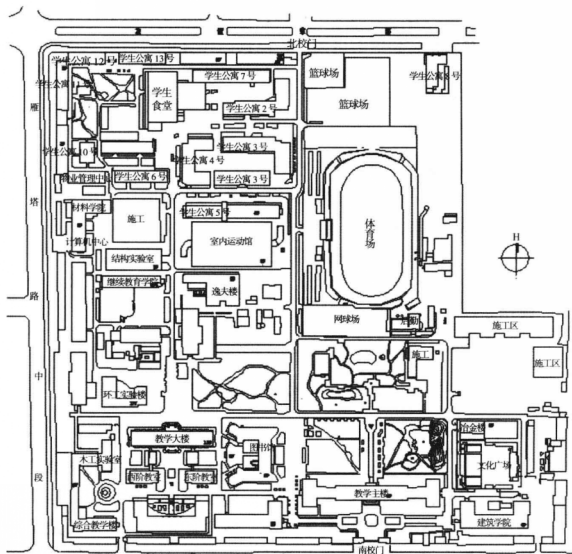


图 27 西安某大学总平面图

(二) 体育运动区与教工生活区及城市居民的关系

体育运动区位置的选择应该考虑兼顾教师、职工的使用, 尽量为教职工的方便使用创造条件。学校体育场馆的选址时应考虑到向公众开放的可能性, 特别是高等学校所建造的体育



场馆一般都具有一定的规模,在设计时就应考虑到举行各类体育比赛及向社会租借的可能性,以提高体育馆的利用率并创造一定的经济效益。在这方面,美国、日本等在上世纪七八十年代就开始提倡,如在美国洛杉矶举行的第 23 届奥运会,许多比赛项目都是在大学内举行;美国 NBA 中的一些比赛也都是在学校体育馆内举行;日本则明文规定学校体育场馆要向社会开放。现在我国的学校在修建体育馆时也应将向社会开放作为一个重要的内容来考虑。如上海华东师范大学体育馆在新建之初就考虑到向社会开放的可能性,将其布置在城市道路边缘,方便人流疏散与进出,在第八届全运会期间它作为大会的手球赛场起到了很好的作用。

二、体育运动区及体育馆的空间位置

学校内的体育运动区是学生进行体育活动的各种场地的总称,它包括体育馆、风雨操场、田径场地、各种球类运动场地、器械活动场地和游泳池等。体育馆无论从功能还是从建筑体量上讲,都在体育运动区中占有十分重要的位置,因此学校的体育运动区往往是以体育馆为中心设计、布置的。图 28 所示为一般学校体育运动区的布置方式。按照学校体育运动区及体育馆在校园中所处位置的不同,可分为以下几种形式。

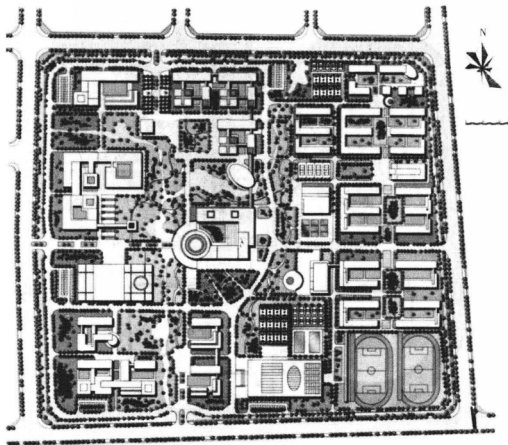


图 28 北京某大学新校区总平面图

（一）体育运动场布置在体育馆相邻近的区域

这种布局方式多适用于用地紧张、功能相对单一的学校，如不包含学生生活区及教师生活区的学校。一般情况下，小学及占地面积不大的中学适合使用这种布局方式（图 29）。

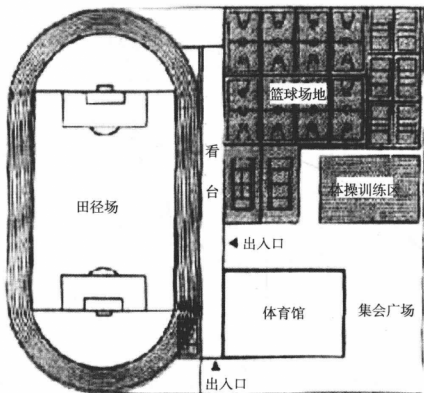


图 29 学校体育运动区分布示意图

这种布局方式的优点是节约学校建设用地，能够有效地利用空间，建筑之间的布局紧凑，便于学校的统一管理。此外，这种布局方式也较易与其他建筑相协调，形成统一的建筑风格。日本的学校大多采用此种布局方式，这与日本学校的用地紧张有密切的关系。图 30 所示的日本金山町立金山中学校就属于这种布局方式。

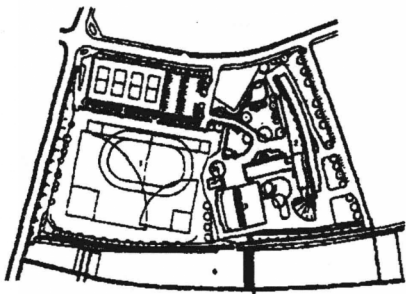


图 30 日本金山町立金山中学校总平面图

（二）体育运动区及体育馆位于校园边缘区域

这是比较传统的一种布局方式，一般适用于具有一定规模的中学或规模不大的高等学校。它要求学校有适当的用地面积，不宜过大。这种布局方式的优点是有益于学校内各个区域之间的明确划分，使体育运动区与教学中心区互不干扰，同时由于学校各个区域之间实际的空间距离不长，能够做到在分区明确的基础上方便各区之间的联系，易取得良好的使用效果，另外，体育馆位于学校边缘并设置出入口及疏散广场易于向社会开放。这是一种较为理想的布局方式。北京某大学新校区就采用此种布局方式（见图 28）。



(三) 体育馆位于学校的中心区域

体育馆作为学校中心的这种布局方式具有强烈的视觉效果。一般来讲,中等规模的高等学校采用这种布局方式往往效果较好,但体育馆与体育运动活动场地之间一般有一定的距离。

这种布局方式的优点是体育馆位于学校的中心区域,方便师生开展体育活动及与教学区、生活区之间的联系。但是,体育馆位于学校的中心区不利于学生、教师及外来人员的流线处理,容易影响教学环境,同时体育馆位于学校中心与城市道路距离较远,不利于向社会开放。

(四) 以多个体育馆为中心的布局方式

这种布局适用于大型高校的规划建设,但其布局方式对建筑师提出了较高的要求,如果处理不当,就会造成学校内功能分区混乱、各区域之间相互干扰、不易管理等问题;处理好则能够创造出生动、活泼的校园空间,形成变化而有序的校园脉络,并且可以按照服务对象的不同,在体育设施的布局上能够有所侧重。湖北某大学体育设施布局是按学校的多中心组团布局(图 31),设置了多个体育运动区,主体育馆靠近生活区,以体育教学、比赛为主,其他均靠近教学区,以学生、教工体育锻炼为主,较好地满足了学生体育锻炼及体育教学的需要。

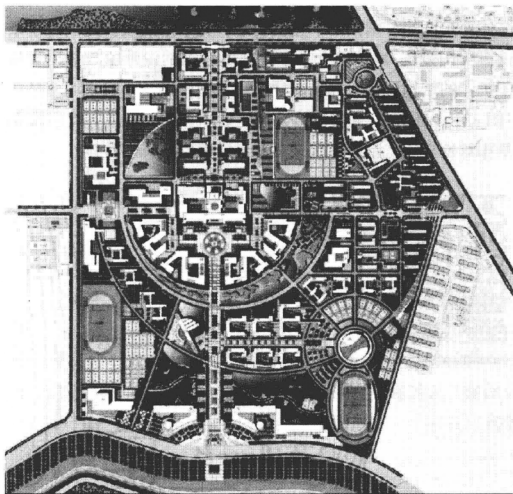


图 31 湖北某大学总平面图

三、体育馆及体育运动区扩展的可能性

随着体育教育的不断发展,学校规模的扩大,体育馆及体育运动区应该存在扩展的可能性。这就要求在规划建设现有体育场馆的同时,应为将来体育设施的发展留有余地。这方面,国外的学校为我们提供了较为成功的范例。图 32 为联邦德国



某学校体育运动区的布局图。这个布局考虑到体育馆的扩建，在体育馆两侧分别预留了建设场地，为未来的改扩建创造了条件。美国爱玛·威拉德女子学院在体育馆的设计中，选用了易于扩建的结构形式，并在支柱上预留凹槽以便于将来增建搭接（图 33）。图 34 为某体育馆分期建设示意图，它的每个阶段都是相对独立的，合在一起又是一个完整而有机的整体。

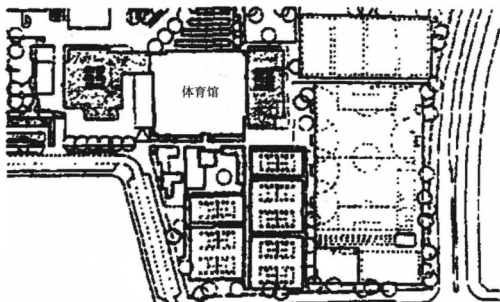


图 32 联邦德国某学校体育运动区的布局图

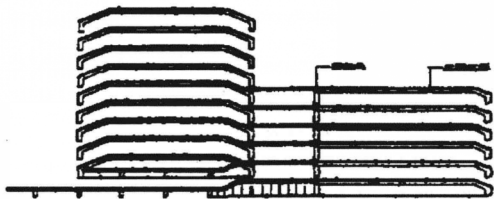


图 33 美国爱玛·威拉德女子学院体育馆

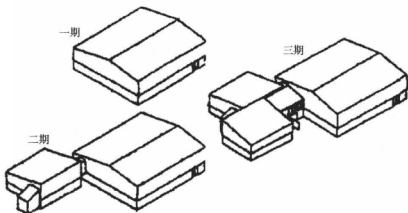


图 34 某体育馆分期建设示意图

学校体育运动区及体育馆的规划选址与设计需要考虑的因素很多,除上述的内容外,还应合理地组织交通,考虑地形地貌、土质、气候及水电等基础设施的情况,以及体育馆的空间形象与周围环境关系等。建筑师必须运用全局的观点,将体育区、体育馆与其他区域紧密结合,使校园成为一个有机而有序的整体。

第五节 体育场馆规划布局实例

体育场馆的布局设计,在遵循上述有关体育场馆规划布局的原则和设计手法之外,在实际规划设计中还应带有较浓厚的地域性和文化性。因此,要求规划设计人员要根据当地的气候、地理环境、风土人情等相关因素来决定体育场馆的规划布局。下面以第 27 届悉尼奥运会体育场馆和深圳大学城体育场馆规划布局为例,说明体育建筑规划设计中应当考虑和注意的问题。



一、悉尼奥运会体育场馆规划布局

2000 年在悉尼举行的第 27 届奥运会是世纪之交的一次体育盛会，当时被萨马兰奇赞誉为最成功的一届奥运会。

（一）大环境分析

澳大利亚位于大洋洲西南部，悉尼是澳大利亚最大的城市之一，位于澳大利亚的东南沿海，东经 151° ，南纬 34° ，属海洋性气候。由于是在南半球，平均温度为 $12 \sim 21^{\circ}\text{C}$ ，适于居住、植物生长与旅游。

（二）奥运会场馆布局分析

悉尼奥运会的比赛场馆绝大部分集中在悉尼市，只有少数的比赛，如足球预赛放在了堪培拉等地。悉尼的运动场馆大体上分成三块。

1. 中心区

主要有奥林匹克公园。奥林匹克公园是举办悉尼奥运会的主要场所，它位于悉尼市中心以西约 1.5 公里的城市边缘（图 35）。在悉尼港湾上游，沿帕拉马塔河逆流而上，来到一处叫厚姆布什湾的地方。这里有一些原有的建筑，如农业展览场，但大部分地区原来都是荒地和丢弃工业废料的地方。当地政府与悉尼奥组委对这块土地的整治真可谓煞费苦心，他们将上千



图 35 悉尼奥林匹克公园平面示意图

吨的重金属工业废料重新挖出来，经过封闭处理后深埋或运走，并采用生态方法治理了工业污染与水体污染，作为生态环境改善的标志——金绿蛙，一种在当地已近绝迹的有益生物又重新回到了厚姆布什湾。

悉尼的奥林匹克公园占地约 150 平方公里，只是当地改造工程的一小部分，整个厚姆布什湾总体规划占地 760 平方公里，它包括千禧公园、双世纪公园、牛灵顿——奥林匹克村和奥林匹克公园四部分（图 36）。



图 36 悉尼奥林匹克公园卫星图



这两个郊野公园和一个住宅区从三个方向包围着奥林匹克公园，营造了奥林匹克公园既方便舒适又环境优美的地理人文环境。

奥林匹克公园里大的比赛场馆有 12 处，如澳大利亚体育场、超级圆顶、游泳中心等，举行的各项比赛有 19 项之多，可见澳大利亚人对场馆的利用率是很高的。

奥林匹克公园的中心是一条大体上南北向的人行大道——奥林匹克大道，宽约 100 米，严格地讲它是西北——东南走向，与指北针有一个 30° 左右的夹角。奥林匹克大道平时可以走车，但在奥运会期间，除特殊指定的车辆，如急救车、警务车和运送设备的车辆外，其他车辆一律不准通行，主要供疏散观众使用。奥林匹克公园的地铁站口设在奥林匹克大道的中部，而且距人流最大的澳大利亚体育场最近。这样从交通上讲，既保证了主会场的集散方便，又兼顾了其他场馆的人流疏散。

除了在中心区举行开幕式、闭幕式等大型活动外，还要进行射箭、棒球、体操、垒球、田径、足球决赛、排球、手球、羽毛球、游泳、花样游泳、水球、跳水、乒乓球、跆拳道、曲棍球和网球等项比赛。网球场位于奥林匹克大道的南终点，阳光下像一枚指环闪着银光，又像一个句号成为奥林匹克大道终点的象征。

2. 市区

包括市中心区和海滩项目。由于悉尼本身就是一个海滨城市，因此许多跟海有关系的项目都放在了市中心区及其周围，例如，帆船、沙滩排球等。另外，在市中心的展览馆里还要举行拳击、击剑、举重、摔跤、柔道，以及排球预赛等一系列比



赛。自行车比赛中的公路赛也从市中心经过，这样随着电视记者的镜头，世界亿万观众都可以一睹悉尼市的绮丽风光，像悉尼歌剧院、单拱跨海大桥等。市区东部邦迪海滩的沙滩排球是很有特色的一项比赛，组织者利用原有的一个海滨浴场加以改造，在海滩上搭建了许多临时设施，这样既节省了开支，又使比赛环境很有特色。

3. 西区

一些占地较多的项目分散地放在西部。西区在悉尼市西部的一片丘陵河谷地带，西区的竞赛场馆并不集中，大多距离市中心 40 ~ 60 公里，如赛马场位于 M4 公路以南的沃尔瑞夫，它的东侧是山地车赛场，南面是射击场。而皮划艇、赛艇和激流回旋水上运动项目则设在了更靠西部的潘瑞斯湖。

由以上三个分区特点我们可以看出，悉尼组委会在场馆规划布局上是权衡了利弊并因地制宜的，其原则是：

第一，重要的项目，如田径和足球比赛，可以交替使用场地的项目如篮球、排球、手球等比赛放在奥林匹克公园内，这样可以使观众集中地观看这些比赛，一揽子解决其交通和服务供应问题，场馆利用率较高，奥林匹克公园内又可形成高潮气氛。

第二，占用空间小、场地互换性强的项目，如拳击、摔跤、击剑、跆拳道等统一放在市中心的展览馆内，这样可以利用原有建筑，少建场馆，方便市中心的观众，减少奥林匹克公园的交通压力，也可以在市中心营造节日气氛。

第三，占地较多、安全要求较高的项目放在远郊区，如马术、射击、划艇、山地车等，这样可以有充足的使用空间。由于这些项目场地互换性差，一般个别场地只能用做两项赛事的



赛场，所以这些场馆多半是为专项运动项目而建立的，而且多是计划长期为该项运动中心建设的。

悉尼奥运会当时被萨马兰奇先生称为最成功的一届奥运会，它不仅是因为运动会办得精彩好看，而且经济上也收回了成本，同时国家与城市也获益匪浅。在运作上，悉尼奥委会采取国家投资与商业运作相结合的方法，国家鼓励开发商投资奥运会工程项目，这样可以充分调动各方面的积极因素，国家、集体、个人共同承担工程风险。再一个经验就是悉尼的奥林匹克公园建在离城区 15 公里处的厚姆布什湾地区，是悉尼的郊区，由于有了这个公园，当地兴起了一个新城镇——牛灵顿，即以奥运村为基础形成的新城镇。至于这个体育新城在以后的岁月里经营得怎么样，大家也在拭目以待，但不管结果如何，它都将成为今后申办奥运会城市借鉴的宝贵经验。

二、深圳大学城体育场馆规划布局

深圳大学城是深圳市为了以“高标准引进，开放式办学，多渠道投入，全新的体制，产学研一体”的运作方式创建的大学城。深圳大学城有选择性地引进国内外著名大学的一流学科，面向国内外招生，主要发展以理工科为重点的全日制研究生教育，兼顾本科教育和继续教育。

深圳大学城的规划设计起点要高，要面向未来，充分考虑教学、科研的内在要求，兼顾工作、生活、环境等配套因素，最大限度地实行资源共享，并与周边区域城市的功能相协调。一次规划、整体设计、分步实施，最终形成开放式、综合性、研究型的大学城。



（一）区位分析

深圳大学城西校区基地位于南山区东北部，是整个大学城选址的西部地块，总用地面积 145.73 平方公里。基地北部紧邻深圳野生动物园，南部与规划的城市主干道——留仙大道相临，距离深圳市高新技术产业园区和深圳大学约 10 公里，距离特区的龙华拓展区约 10 公里。规划中的留仙大道、城市铁路及轻轨线毗邻该区，成为大学城与深圳城区联系的主要通道。

（二）体育场馆布局分析

1. 充分利用体育场东侧山体，在保持主席台在西侧的同时，将多数观众席安排到东侧，并把疏散和消防道路引到观众席后侧。此举可大大减少土方量，利于组织交通疏散，减少工程量，节约造价。同时，还缓解了西侧贵宾入口广场的空间紧张状况。

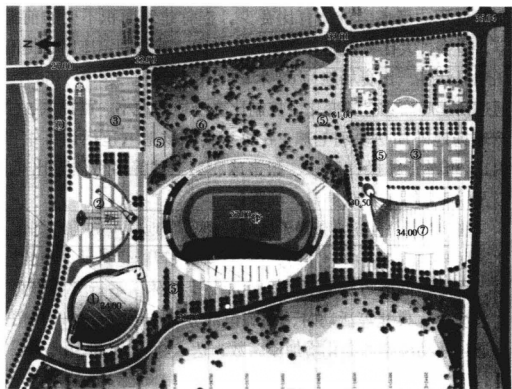
2. 充分考虑各场馆具体功能要求、规格、学校使用特点及造价要求，确定各单体建筑的设计，以取得最大的综合效益。例如，游泳馆由于座席规模有限，平面形状主要取决于游泳池，因此方案采用单侧座席布置方式，即自然形成半圆形的平面布局，经济合理，颇具个性。

3. 体育中心一、二期统筹考虑，以最终形象效果为规划设计目标，同时兼顾一期的效果。一期体育馆和体育场主席台雨篷建成，在中心的西北侧形成完整的风貌。而二期建成体育场东侧看台雨篷和游泳馆屋盖，使体育中心形成完整和谐的整



体效果。

4. 游泳馆采用半圆形平面，屋盖采用单层空间网壳结构，形成简捷、优雅的月牙形状。体育场雨篷顺应座席布局，形成东、西一大一小两片（分期实施）遥相呼应。体育馆则结合学校会议多、演出多、体育课多的使用特点，采用不对称布局，屋盖形象反映这一布局特点，即采用大小两片网壳组合。这样，体育馆、体育场和游泳馆三大建筑的形象密切呼应，既相互联系，又各具特点，如同几片秋叶落在山谷，简捷明了、自由飘逸、特色鲜明。同时，建筑形象完全是内部空间要求的真实反映及与结构选型密切配合的结果。（图 37）



1. 体育馆 2. 休闲广场 3. 活动场地
4. 体育场 5. 停车场 6. 自然景观 7. 游泳馆

图 37 场馆布置总平面图



(三) 体育馆设计分析

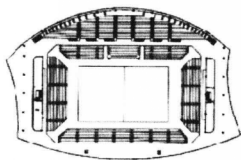
1. 体育馆位置分析

体育馆位于体育中心用地的西北侧，紧邻规划中校园内主要道路（10号道路），面对大沙河，东侧为体育中心主广场，西面背靠小山，南面与体育场遥相呼应，正处于联系东西校区的主要景观轴一侧，是展示体育中心建筑景观特色的关键部位。

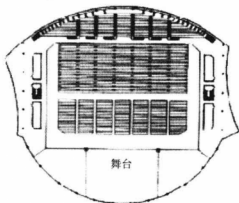
2. 功能布局

体育馆建筑设计结合学校体育馆的使用特点，充分考虑多功能使用。考虑学校体育比赛少，在总建筑面积不变的前提下，适当扩大比赛场地，增加活动座席，减少固定座席，提高场地灵活性。比赛场地为68米×48米，设活动座席3368个，通过活动座席数量的变化，控制比赛场地的大小。可提供5块篮球场外加2块羽毛球、6块乒乓球场地（包括训练馆在内），可举行体操、手球、篮排球、羽毛球等多种体育比赛，以及用于上课或群众健身、训练。

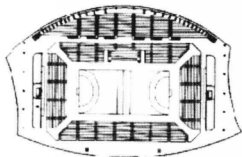
固定座席1200席布置于场地一侧，场地另一侧为训练馆。比赛厅与训练馆各由一片网壳覆盖，通过智能化活动设施的控制，两个空间既可分隔又可合并成一个整体。举行大型集会、文艺演出、典礼等活动时，训练馆部分可作为舞台加以利用，并通过活动座席的变化增加座席数，达6000席（图38）。



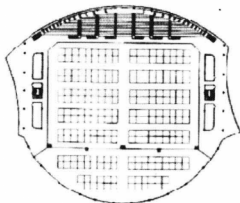
体育馆体操比赛：3620 席



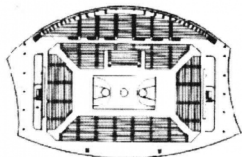
体育馆会议、文艺演出：5918 席



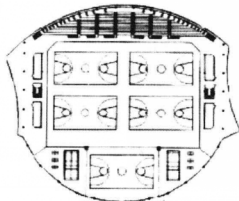
体育馆手球比赛：4120 席



体育馆展览：238 个展位



体育馆篮、排球比赛：4688 席



体育馆上课、训练：5 块篮球场+2 块羽毛球场+6 块乒乓球场地

图 38 体育馆功能分析图



利用室外空间为校区师生提供环境优美、舒适的体育活动场所。屋盖作适当的延伸,形成较大面积的灰空间,既起到遮阳作用,又形成较高品质的休闲空间。在建筑的两个端部,利用屋盖落地的部分造景,形成两个下沉式露天舞台,是广大师生课余文化生活的场所。

建筑各功能区布局合理,分别设置单独的出入口,出入快捷方便互不交叉。观众由台阶沿绿坡到达一层屋顶平台,进入观众厅。运动员、贵宾、记者、工作人员分别由一层的不同入口直接进入相关区域,互不干扰。室内空间通透明亮,亲近自然,节能降耗,利于降低运营成本。

(四) 体育场设计分析

1. 总体布局

体育场位于体育中心的中部,主入口朝西,与西侧的校园规划路直接相连,主要人流由西侧进入,其他人流由北侧和南侧的广场进入。针对用地较紧张和体育场自身特点,为减轻对环境的压力,采用了允许的较小尺寸场地,并将体育场尽量靠近东侧山脚设置,充分利用山体布置东侧看台,从而为体育中心留出了更多的外部空间。体育场与山地有机结合,构成了独具特色的建筑氛围。

2. 功能布局

结合学校体育活动的特点和地形条件采用不对称的座席布置,周圈设置8排座席,有助于控制风速,并形成良好的围合感。东西两侧座席视觉效果好,将其作为主要座席区,



其中西侧设有挑篷，东侧看台结合自然山体设置，充分利用现有的地形高差安排座席。如果条件允许，今后也可加建挑篷。根据要求，还设置了相应数量的贵宾席、运动员席和裁判员席。

观众经由外部平台进入座席。北面和南面的看台采用上行式疏散，而座席数目较多的东侧和西侧看台则采用以中行式疏散为主的混合疏散方式，总疏散时间控制在6分钟之内。运动员、裁判员、贵宾、记者、工作人员从一层各专用出入口出入，避免了人流的交叉和干扰。同时，在一层相应的位置设置了上述人员所需的各类房间，功能流线合理。

体育场东侧看台视线设计的视点选择在最外侧跑道边线处，西侧则选在跳远场地中心线处，视线升高值 c 值取6厘米，可以很好地满足各种比赛和大型活动的需要。看台最后排台阶高在49厘米之内，看台起坡比较平缓。（图39）

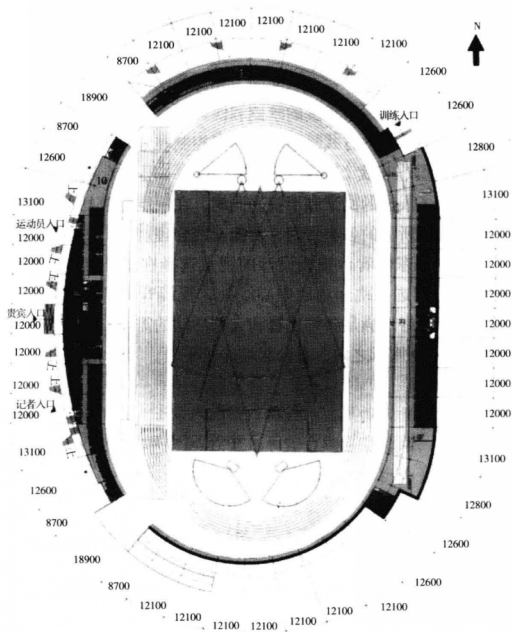


图 39 体育场一层平面图



3. 建筑造型

体育场造型与环境条件和自然山势有机结合，融入到整体的自然环境之中。马鞍形的看台、反曲的挑篷与高耸挺拔的立柱、笔直的斜拉索形成鲜明对比，以简捷的造型塑造出独具个性的建筑形象（图 40）。

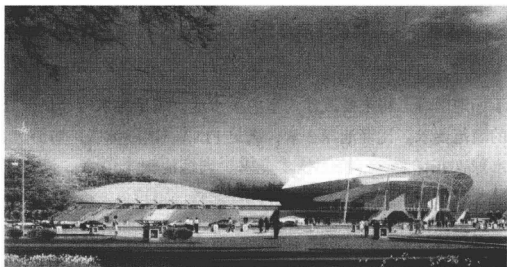


图 40 体育场透视图

（五）游泳池（馆）设计分析

游泳馆由 30 米×50 米×3 米的比赛，以及 30 米×25 米×5.5 米的训练池组成，能够满足游泳、跳水、水球、花样游泳等项目及表演的需要。游泳馆观众席 2450 座，建筑面积 4100 平方米，能够较好地满足高校日常及比赛时使用。



1. 功能布局分析

比赛池、训练池采用传统的一字形布局，单侧布置看台。看台布置于泳池西侧，使观众视线朝东观看比赛，避免了西侧眩光对观众视线的干扰。看台形状选择合理，两端观众少，中间观众多，可使多数观众兼顾观看比赛池和跳水池，缩短了观众席的平均视距，提高了看台使用率。

2. 可持续发展设计理念分析

设计重点解决未来改造成室内游泳馆的要求。训练池布置于场地南端，将来要改建为室内跳水池，满足跳水运动员面北的规范要求。比赛池深 3 米，满足 FINA（国际泳联）对游泳、水球、花样游泳的水深技术要求。训练池深 5.50 米，满足二期改建为跳水池的技术要求。两期兼顾的可持续发展设计理念成为游泳馆设计的主题。

3. 空间分析

游泳馆东侧由扭面玻璃幕墙和遮阳板组成，造型具有趣味和动感，室内外空间视觉连续，增添了内外空间的联系与交流，形成开敞通透的空间氛围。室外景观引入室内，近树、远山尽收眼底，景观生动诱人。

4. 结构经济分析

游泳馆屋面选用钢结构双曲扭壳，与体育场、体育馆所采用结构形式相同，不仅造型统一、协调，而且施工方便。但与体育场、体育馆屋面相比形象又各有特点，不雷同。



5. 造型分析

游泳馆形体舒展流畅,富于变化,屋盖从底到高逐渐升起,不仅符合馆内比赛和跳水对空间的不同要求,而且造型极具动感,真实地表达了建筑内部功能与形式的完美统一。东侧扭面玻璃幕墙与地面的夹角逐渐改变,和遮阳板一起形成有规律的光影变化,体现了建筑的韵律之美。(图 41)

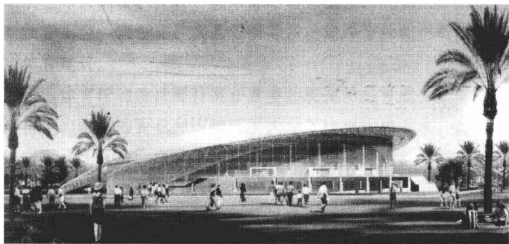


图 41 游泳馆透视图

思考题

1. 体育场地与城市规划应如何协调?
2. 体育建筑基地的选择应着重注意哪几个方面?
3. 大学体育场馆规划布局类型以及优缺点。
4. 体育建筑总体布置与城市道路的关系如何处理?

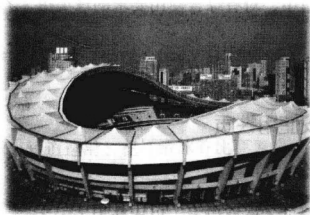


第三章 体育馆

体育馆是指除在馆中进行手球、篮球、排球、网球、羽毛球、拳击、摔跤、武术等运动竞赛外，还能兼作一般性音乐会、演唱会、文艺汇演等多功能综合性使用的室内体育建筑。

体育馆的设计要特别注意多功能使用的可能性，以及由于比赛厅的面积和结构跨度大对厅内视听的要求，如根据观众数量多、电声空调设备技术复杂等特点，在综合技术处理上各工种的设计要协调一致，在建筑造型上有个性、有特色，使其保持建筑风格独特。

本章主要从体育馆的分类和建筑空间构成，以及体育馆观众厅、其他用房和练习馆的设计几个方面介绍体育馆的设计方法。





第一节 体育馆分类与建筑空间构成

体育馆按照其使用性质、观众容量以及场地用途可以分为很多类别。体育馆建筑空间的构成则因其建筑空间大、人流量大、空间构成复杂，在设计中应合理布局不同空间。体育馆空间构成根据使用性质不同由比赛大厅、服务用房以及管理和设备用房组成。

一、体育馆分类

体育建筑通常将露天场地称为“场”，如体育场、滑雪场、田径场等；将室内场所一般称为“馆”，如体育馆、游泳馆、田径馆等。

对“馆”有比赛要求（有观众看台）的叫比赛馆。无观众座席的叫训练馆，如体操练习馆、篮排球练习馆等。

在比赛馆中，对有综合使用要求的球类馆，人们习惯上称为体育馆。

体育馆常用以下三种方法分类：

（一）按使用性质

1. 比赛馆

设有观众席 500 座以上，以比赛为主。



2. 健身房

设有少量观众席或不设，以训练、健身活动为主。

(二) 按容纳观众的数量

1. 特大型馆

观众席容量 10000 座以上。

2. 大型馆

观众席容量 6000 ~ 10000 座。

3. 中型馆

观众席容量 3000 ~ 6000 座。

4. 小型馆

观众席容量 3000 座以下。

(三) 按场地用途

1. 一般球类馆

以篮排球、手球、网球、体操等比赛为主。

2. 冰球馆

以冰球、短道速滑、花样滑冰等比赛为主。



3. 自行车馆

以自行车比赛为主，可容纳一般球类、冰球、展览等。

4. 棒球馆

以棒球比赛为主，常兼容橄榄球、足球和一般球类。

5. 速滑馆

以速度滑冰为主，常兼容 1~2 个冰球场。

6. 室内体育场

以田径比赛为主，常兼容足球等比赛。

二、体育馆规划布局

体育馆是城市或地区的主体建筑之一，它不仅影响城市面貌，而且对市民的文体活动起着重要作用。因此，规划布局的指导思想主要应从社会和经济效益着想，即有利于人们参加体育活动，提高体质，在普及的基础上提高体育竞技水平，同时达到“以场养场，以馆养馆”的目的。应尽量使比赛与练习相结合、职业体育与群众性文体活动相结合，提高体育馆的使用率。在规划布局时应当做到：

（一）级配合理

中小型馆便于群众使用，利用率高且投资少、座席造价



低。城市应以中小型馆为主，大、中、小型合理搭配。

（二）布局均衡

体育馆应均衡分散布置在市内各区，群众来去方便，减少城市交通负担，没有比赛时，便于市民就近使用。

（三）环境协调

体育馆的选址应避开工业烟尘、有害气体的污染，并应考虑空间环境，控制建筑规模、确定主从规模，恰当处理体量、尺度和建筑形象，力求环境和谐，改善和提高环境质量。

（四）安全疏散

体育馆外应设观众疏散和停放汽车、自行车用地，可按每名观众 0.5 平方米考虑。体育馆位于街口时，外出口应尽量离开交叉路口以免干扰城市交通。

三、体育馆空间组成

目前，我国体育馆的房间组成一般可分为两大部分，一是观众厅，包括场地、观众席（有普通观众席和贵宾席）和裁判席；二是其他用房，包括观众用房、贵宾用房、运动员用房，以及技术设备用房等。其房间组成见图 42。

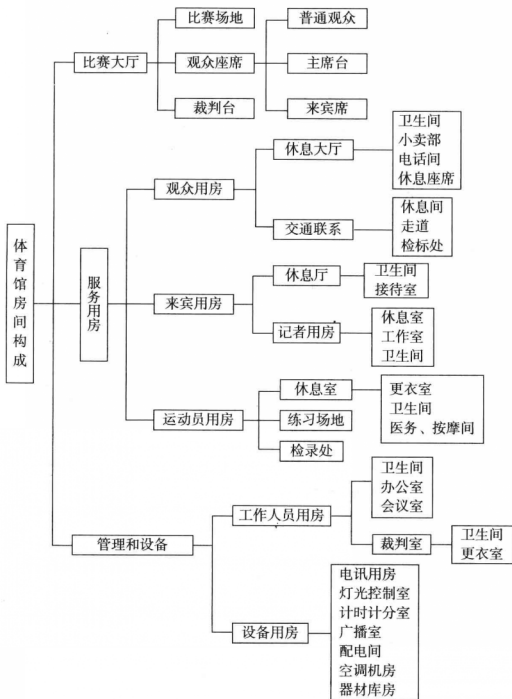


图 42 体育馆主要房间关系图



观众厅是体育馆的主体,其规模大小由场地的类型和观众人数所决定。其他用房的配置数量,取决于体育馆的使用性质、标准和所处的条件等。根据统计,其他用房的面积一般为观众厅面积的1~3倍,而观众厅的面积则为体育馆的40%~70%。所以,合理配置其他用房的大小和数量,合理组织空间,是节约体育馆建筑投资的主要措施。

其他用房的配置原则如下:

1. 满足比赛、演出和多功能的需要

与上述无关的行政办公、运动员或工作人员宿舍等用房,应根据当地情况尽量不要配置在体育馆内,以方便使用和管理。

2. 与体育馆使用性质和标准相适应

主办大型运动会的馆应与只进行一般比赛的馆有所区别。前者应配置运动员休息室和一些竞赛、组织委员会等使用的房间,而后者就不必配置。

3. 尽量减少其他用房的建筑面积

观众休息用房在体育馆中所占面积比重较大。在我国南方地区,即可利用室外庭园或屋顶平台作为观众休息活动场所,这样既节约建筑面积,又方便管理。

四、人流路线分析

体育馆各种人流路线的活动规律是空间组合的功能依据,它共有观众、贵宾、运动员和工作人员四种人流路线(图43)。

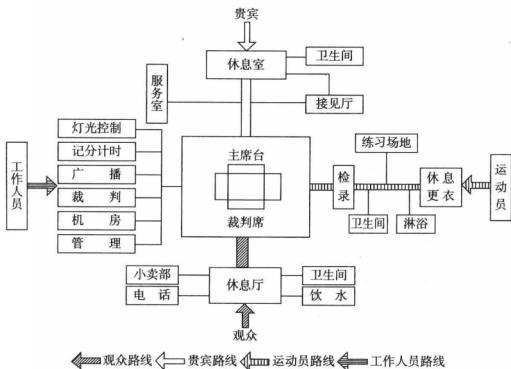


图 43 各种人流路线

(一) 观众人流

观众人流是体育馆的主要人流，通常在比赛前半小时左右陆续到达。通过检票到观众休息厅（场），然后进入观众厅的观众席内。休息厅应附有卫生间、小卖部、饮水站等。其活动规律见图 44。

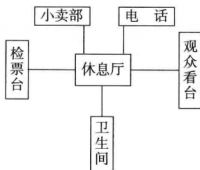


图 44 观众人流路线



(二) 贵宾人流

贵宾人数一般是观众人数的 0.5%~1%，并设有单独出入口。贵宾经休息厅进入观众厅内贵宾席（主席台）。在休息厅内应设有服务设施。其活动规律见图 45。

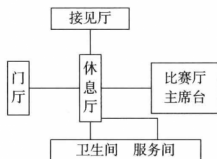


图 45 贵宾人流路线

(三) 运动员人流

运动员的人数由于比赛性质的不同而差别较大，从几十人到几百人不等。运动员从入口到运动员休息室、更衣室，经练习场地做准备活动后，到检录处整队进入观众厅的比赛场地。其活动规律见图 46。

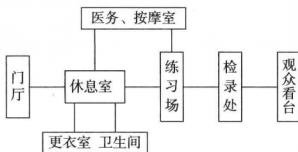


图 46 运动员人流路线



(四) 工作人员人流

为比赛、演出服务的工作人员和后勤管理人员，应设有单独入口，但在平面安排上应该与全馆各处都有方便的联系(图47)。

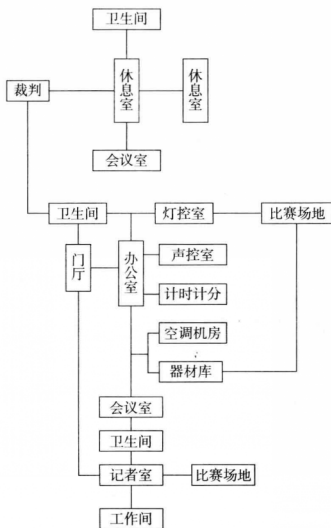


图 47 工作人员人流路线



五、体育馆建筑空间布局原则

为了研究方便,除按房间组成将体育馆分为观众厅和其他用房两部分外,还可按功能使用要求分为“内场”和“外场”两部分。

体育馆观众厅的观众席和观众用房,以及活动场地都叫体育馆的“外场”,观众厅内的比赛场地和运动员用房,以及所有为比赛或其他使用服务的管理、工作、设备用房均为体育馆的“内场”。另外,贵宾的活动虽与一般观众有相同之处,但在体育馆使用时,贵宾席有单独出入口并与一般观众以界墙分开。因此贵宾席连同其附属用房亦可属“内场”。

下面就从观众厅与其他用房的关系、“内场”和“外场”的关系、“内场”各部分之间的关系,以及个体建筑布局与总平面功能分区之间的关系,来研究建筑布局原则。

(一) 合理组织人流

设计上要使不同功能部分分区明确,并各自有短捷的集散路线从体育馆内部房间的关系和组合开始,到总平面内各自的集散广场,以及总平面出入口直至城市交通广场车站,都应合理地组织不同人流路线,做到互不干扰、方便疏散。因此,体育馆的单体设计必须从总平面入手来考虑平面的布局,而总平面的设计又是单体设计的一个延续,包括周围道路系统的规划都是整体设计不可或缺部分(图48)。

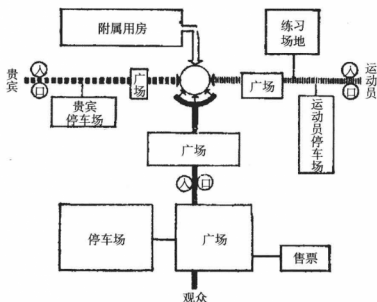


图 48 进出体育馆流线系统示意图

要取得合理的人流组织，出入口的布置必须要合理。因为出入口是引导人流由一个空间走向另一个空间的主要设施之一，入口位置的不同就会带来不同的人流组织方式。

体育馆的比赛场地多为矩形（图 49）。与场地长轴平行的两边称边线，与短轴平行的两边称端线。观众席主要沿长轴布置，贵宾席和裁判席一般也都设在比赛场地的边线外侧。因此，应根据这一规律研究体育馆不同人流出入口的合理布置。下面仅就几种常见出入口安排形式进行分析讨论。

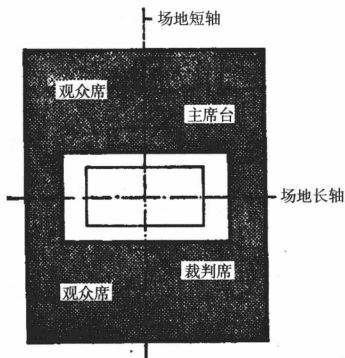


图 49 观众厅平面示意图

1. 短轴两端为观众出入口，长轴两端为贵宾和运动员出入口。如图 50 所示。这种布置方式的主要特点是贵宾进入贵宾席（主席台），必须在“内场”绕 90°。如果观众厅、贵宾用房、运动员用房均在同一标高（都在一层入口），则总平面需设两个观众出入口和两个集散广场。若使各部分人流在总平面避免交叉，则总平面的功能分区应为图 51 所示，如浙江体育馆就属此种类型。

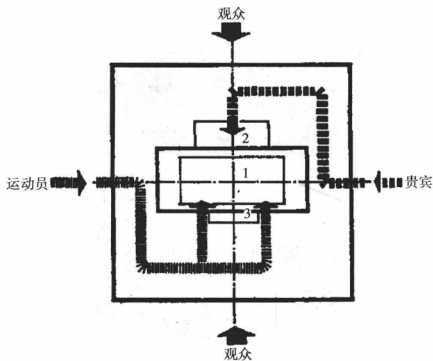


图 50 观众入口设在短轴两端时流程关系

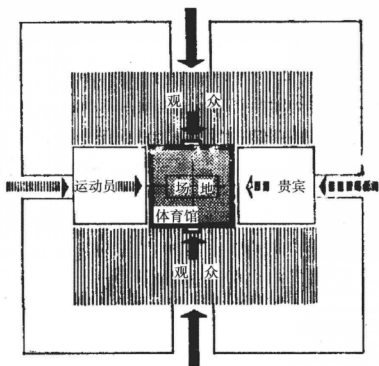


图 51 观众入口设在场地短轴两端时总平面分区示意



观众入口设在第二层，贵宾、运动员和工作人员的车辆交通可利用立交，使两者共享一个出入口。但由于观众仍从短轴两端进入观众席，所以宜于前后各设一个出入口，并在第二层观众休息厅内使其空间联通。如果减少一个观众出入口，在内部使用上近半观众将有绕道过远之弊（图 52）。

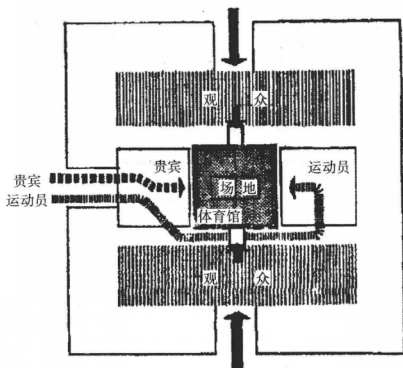


图 52 观众入口设在场地短轴两端二层总平面分区示意

2. 短轴一端设观众入口，另一端设贵宾入口，长轴两端各为运动员入口和工作人员出入口（图 53）。此种布局方式使贵宾入席短捷，运动员入场虽需绕 90°，但其各种人流路线和用房都自成体系，分区明确。观众入场时，一部分需走到另一侧入席，路线较远而且观众厅内存在大量绕行人流。总平面观众入口、集散广场和功能分压与入口设在短轴一侧的布局方式相同。

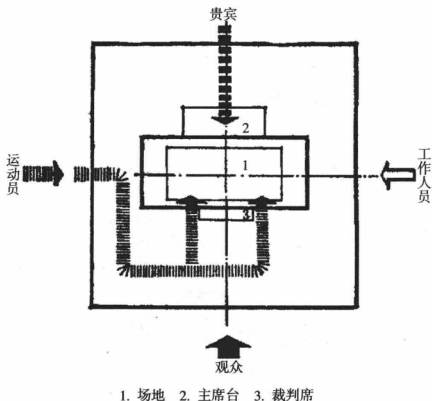


图 53 观众入口设短轴一端时流程关系

3. 长轴一端为观众入口，另一端为平时不使用的观众紧急疏散口，而短轴两端分别设置贵宾和运动员出入口（图 54）。这种布置方式，使贵宾入贵宾席（主席台）、运动员进入比赛场地路线都较短捷。观众进入观众席的路线明确，而且还可避免大量人流在观众厅内绕行。在一般情况下，紧急疏散口可不使用，入场时更是如此。所以总平面中观众只需一个集散广场即可，其功能分区如图 55 所示。

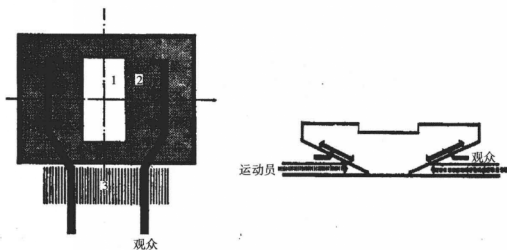


图 54 观众入口设长轴一端时流程关系

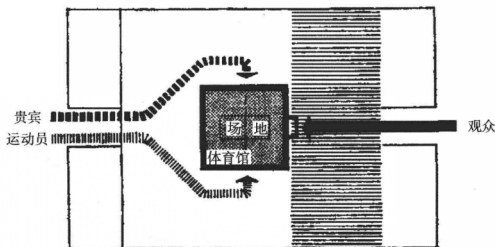


图 55 观众入口设场地长轴一端时总平面分区示意

不论观众走一层还是二层入口，总平面都只需两个出入口，这样可达到用地紧凑、管理方便的目的，如位于北京崇文区的北京体育馆就属于此种类型（图 56）。

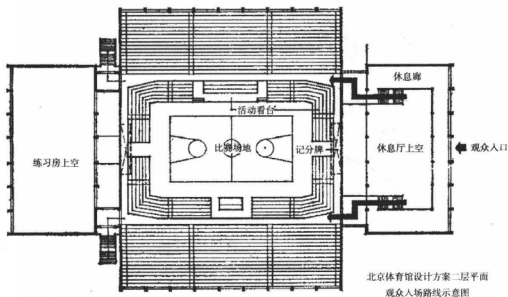


图 56 北京体育馆设计方案流程关系

总之，体育馆出入口设计的位置应尽量有利于合理组织人流，尽可能使人流与人流、人流与车流互不干扰，同时有短捷直接地集散路线这一建筑布局理念。

第一，观众入口布置在体育馆比赛场地长轴的一端（即端线一侧），是一个较好的布局方式。

第二，在满足使用要求的前提下，尽量减少观众出入口的数量，这样易于使各种人流路线简捷而明确，减少互相干扰的机会，同时又节约用地、便于管理。

从我国的首都体育馆和上海市体育馆观众入场实测记录情况看，四个检票口的一个入口，在入场时间为 50~60 分钟内，可通过 8000~12000 人。至于五六千人的体育馆，如北京工人体育馆、天津体育馆和长春体育馆，多年来平时使用时只开一个出入口。所以万人和万人以下的体育馆，平时设一个不



小于同时可通过四股人流宽度的观众出入口（不包括紧急情况下的安全疏散口）、一个集散广场和一个总平面出入口是切实可行的。

第三，体育馆观众入口设在第二层，总平面尽量采用立体交叉通道，是使车流和人流互不交叉、分区明确、自成体系的有效措施，如北京部队体育馆就是利用了体育馆基地与城市道路的高差，使观众从城市道路直接进入二层观众休息厅，但却无法进入一层总平面内，使整个总平面“内场”“外场”分区明确、互不干扰（图 57）。由于一些大型体育馆处于人流、车流较集中的地区，因此，在总平面的交通设计上，应考虑与城市立体交叉道路相连。根据各种车流疏散方向和人流疏散要求，在总平面内布置立体交通通道。例如，日本东京代代木体育馆就是人流、车流互不交叉，自成体系的成功实例（图 58）。

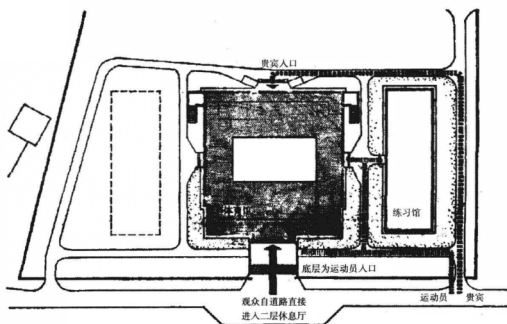
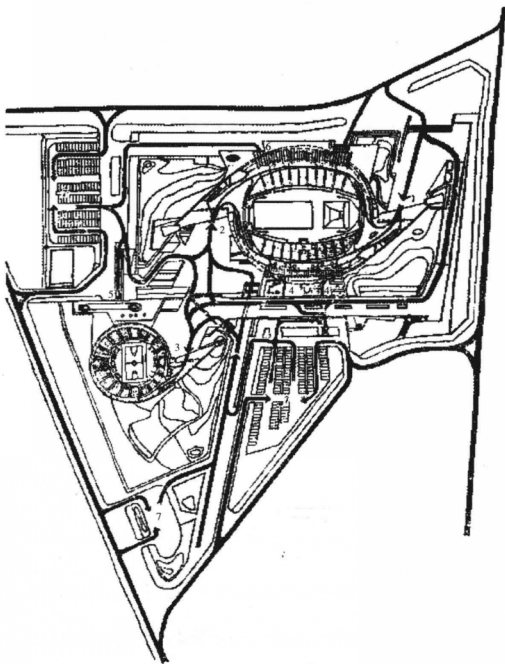


图 57 北京部队体育馆总平面流程关系



1. 游泳馆东面观众入口；2. 游泳馆西面观众入口；3. 篮球馆观众主入口；
4. 游泳馆贵宾及运动员入口；5. 篮球馆贵宾及运动员入口；6. 游泳馆、记
者、播音、电视人员入口；7. 停车场

图 58 日本东京代代木体育馆总平面流程关系



(二) 合理组织、利用空间

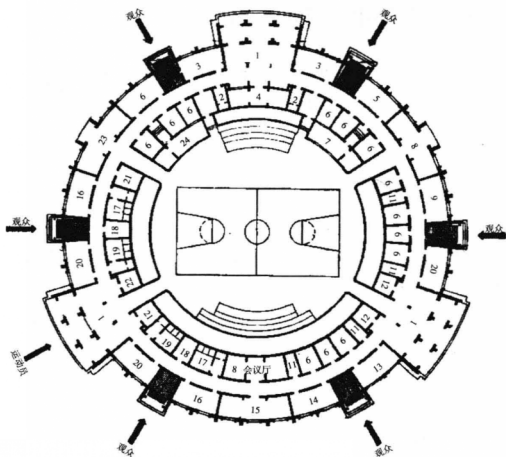
观众厅和其他用房,以及其他用房中的“内场”和“外场”之间的组合,我国目前已建体育馆大致可分为以下三种比较典型的布局方式。

1. 单一大跨度空间结构布局方式

“内”“外”场的其他用房均利用观众厅看台下空间。观众厅有直接外窗。根据入口位置的不同,有以下两种人流路线和用房的组合方式:

(1) 将观众入口及休息厅布置在二层,而贵宾、运动员“内场”入口及用房布置在一层。这种布置形式,使功能分区明确,各种人流路线短捷,管理及使用方便。但是,在观众厅规模较小的体育馆中,休息厅面积和空间可能偏小。

(2) 将观众入口,以及贵宾、运动员和工作人员入口均布置在一层。“内场”与“外场”面积、空间大小可根据需要进行分配,但“内场”和“外场”各自用房之间的联系不便。有的观众休息厅互不相通,有的“内场”工作用房不能直接相互联系。为了避免上述情况,有的体育馆虽将观众入口设在一层,但可通过楼梯使观众立即上到二层休息厅,山东烟台体育馆就是这种类型(图 59)。



1. 门厅; 2. 卫生间; 3. 首长休息; 4. 服务; 5. 接待室; 6. 办公; 7. 广播;
8. 会议; 9. 配电; 10. 电视、广播; 11. 贮藏; 12. 服务; 13. 记者; 14. 裁判休息;
15. 准备活动; 16. 女运动员休息; 17. 女卫浴; 18. 更衣; 19. 男卫浴;
20. 男运动员休息; 21. 领队; 22. 医务; 23. 准备活动; 24. 灯光控制

图 59 山东烟台体育馆

以上两种布置方式的共同特点是总建筑面积的安排既紧凑又经济。但对有机机械通风、空调的馆，其竖风道和记分、计时设备最好不占或少占用大跨度内的席位空间。



2. 大跨度空间外附以边跨的结构布局方式

边跨根据需要有以下三种附加的方式：

(1) 大跨度空间外四周附加边跨到顶 (图 60)。根据入口位置的不同有两种不同的布局 (图 61)，一种是将观众入口和休息厅设在二层，贵宾、运动员、工作人员用房及入口设在一层，如福建体育馆 (图 62)。

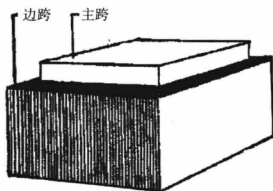


图 60 大跨度空间外四周附加边跨到顶

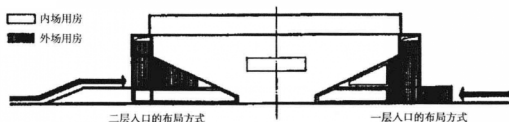


图 61 两种不同的布局

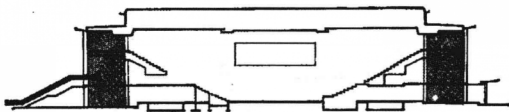


图 62 福建体育馆剖面



另一种是将“内场”和“外场”入口均设在一层，如北京工人体育馆（图 63）。这种布局方式不仅“内场”“外场”同在一层使分区不够明确，而且容易产生“外场”休息面积偏多，“内场”面积偏小的问题。

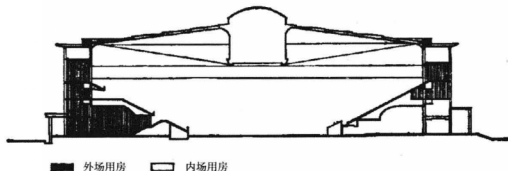


图 63 北京工人体育馆剖面

(2) 大跨度空间外两侧附加边跨到顶（图 64）。这种布局既吸收了上一种形式的优点，又根据实际需要进行局部附加，从而节约了建筑面积，如山东体育馆即属于这种类型（图65）。

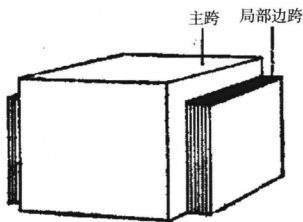


图 64 大跨度空间外两侧附加边跨到顶

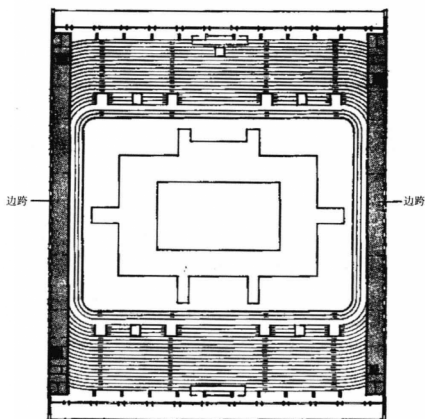


图 65 山东体育馆平面

(3) 大跨度空间外只在一层四周附加边跨 (图 66)。一般分为一层和二层入口两种, 如浙江体育馆、河南体育馆在一层设观众入口 (图 67), 上海体育馆在二层设观众入口 (图 68)。

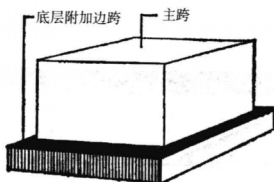


图 66 大跨度空间外一层四周附加边跨

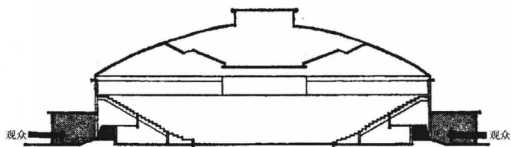


图 67 河南体育馆剖面图

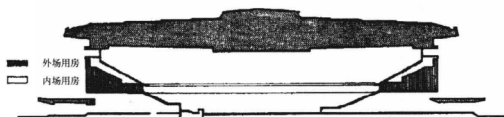


图 68 上海体育馆剖面

3. 部分其他用房与观众厅主体结构脱开的布局方式

(1) 将“外场”用房布置在外边(图 69)。内、外分区明确,“外场”用房可根据需要灵活布置,不受看台下空间的限制,而且还可以利用自然采光和通风。一些服务性设施,如卫生间、小卖部等远离观众厅,减少了互相干扰。北京体育馆即属于这种类型(图 70)。

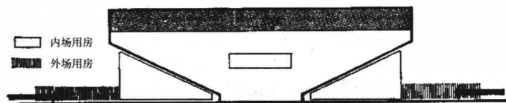


图 69 “外场”用房布置在主体结构外

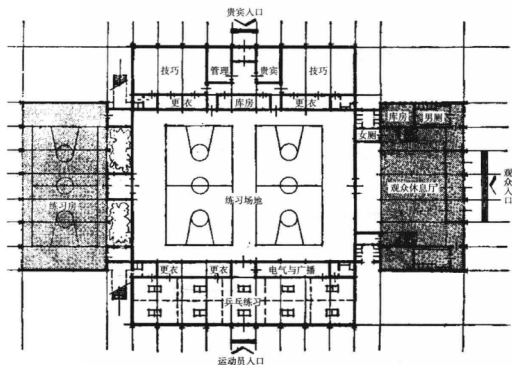


图 70 北京体育馆设计一层平面

(2) 将“内场”用房，主要是运动员用房布置在主体结构的外边(图 71)。这种布置使“内”“外”场分区明确，运动员的淋浴、更衣、卫生间等用房可利用自然通风单独布置，不受看台下空间和其他条件的限制，特别是对练习场地更为有利。

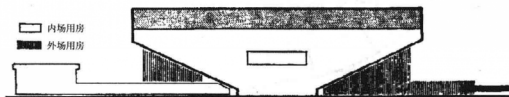


图 71 “内场”用房布置在主体结构外



体育馆的训练场地主要是赛前或比赛过程中队员和替补队员做准备活动的场地，可以不按比赛规则的要求去做，但也需要有足够的面积和高度。因此，利用看台下的空间会使看台本身构造复杂，例如使看台下地坪标高下降较多，给基础处理带来很多问题，而且使用率较低。相反，放在主体结构外边，就可以根据需要建设。由于和主馆可分可合，平时可以做单独训练用房，从而大大提高了使用率，如浙江体育馆（图 72）。

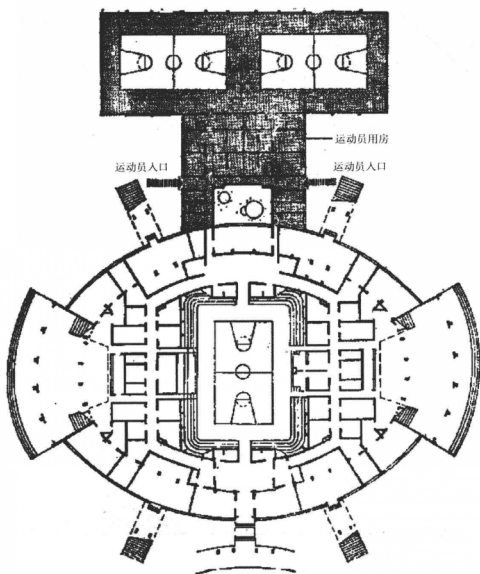


图 72 浙江体育馆一层平面



从以上分析可以看出,观众厅和其他用房不同结构空间的组合,对观众厅本身的面积使用能够产生较大影响,其中,如何充分利用大跨度空间安排观众席,这对体育馆来说是一个重要的经济问题。观众厅是体育馆的主体,其大跨度屋盖是投资最大、施工最复杂的部位。因此,在同一大跨度面积和同样场地大小的条件下,容纳观众人数的多少是衡量大跨度空间使用率的重要经济指标,即观众厅平面系数 K :

$$K = \frac{\text{观众席总面积}}{\text{观众厅屋盖面积} - \text{比赛场地面积}}$$

为提高 K 值应尽量将风道、记分计时等附属用房移出主跨外,或采用悬挑的方式争取多设观众席。例如,河北体育馆的设计,就是根据需要将风道和记分计时等机房局部附设在主跨外的布局方法,在没有增加总建筑面积情况下,做到了充分发挥无遮挡、大跨度空间的作用。

总之,体育馆的建筑布局应该使“内场”和“外场”分区明确,互不干扰,各部分使用面积做到适用、配置恰当,同时还可有利于提高观众厅的使用率,节约用地。

(三) 影响建筑布局的因素

影响建筑布局的因素很多,如体育馆的使用性质、规模大小、自然条件的差异、抗震等级,甚至结构形式和施工条件等,都与建筑布局有直接的关系,其中影响较大的有下述两种:

1. 对体育馆使用性质的影响

体育馆的人流有四种,但根据不同的使用性质和要求,在



设计中可以有几种如下考虑方式:

第一,一般小城市或县、区一级体育馆,设计时可以只考虑观众和其他人员(贵宾、运动员、工作人员)的人流路线。这样从入口至使用房间的布局就可以大大简化,只要“内”“外”场不互相干扰即可。另外,除对观众厅尽量满足其使用要求外,对其他用房使用标准应从简。

第二,省、市一级体育馆,设计时可考虑观众、贵宾和运动员三种人流路线。工作人员可利用贵宾或运动员的出、入路线。这一类是目前在我国建造量较多的一种。

第三,规格较高的大型体育馆,设计时对四种人流和车流都应予以考虑。

总之,体育馆的使用性质决定其人流组成和房间的组合,直接影响体育馆的建筑布局。

2. 对自然条件的影响

我国面积广阔,各地自然气候条件差别较大,从而影响体育馆的建筑布局。北方寒冷地区采用封闭式布局,外墙以实墙面为主,以减少建筑内部空间的热消耗。南方则属亚热带气候,多采用开敞式布局,如广西邕江体育馆就是利用看台下部空间作为庭院,用做观众、贵宾休息场所。这样不仅节约了建筑面积,而且还可以和绿化相结合,创造舒适的自然环境。德国的路德维希多功能体育馆就是一个很好的范例。

总之,体育馆建筑布局设计应根据自己特点,因地制宜地作出有特色而且合理的布局。



第二节 体育馆观众厅设计

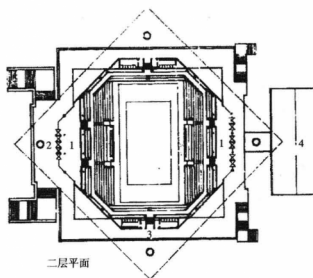
体育馆观众厅由场地和观众席组成，是体育馆的核心。场地的设计根据场馆的规模和项目而定。观众席的设计不仅应使观众取得良好的视觉效果，而且还要使观众的集散符合安全要求。本节主要从观众厅平面形状、看台形式与剖面设计，以及观众座席布置和疏散几个方面介绍体育馆观众厅设计。

一、体育馆观众厅平面形状

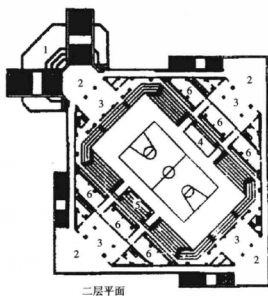
观众厅平面形状受地形、看台分布形式、结构选型与建筑造型等因素影响，一般有下列几种形式。

（一）正方形平面

正方形平面外形简捷、结构简单，是常用的平面形式之一，如图 73 所示。用于四边形布置的看台以场地两轴侧为主，多用于中小型馆，缺点是主看台容量小。



a. 浙江农业大学体育馆



b. 潮州体育馆

图 73 正方形观众厅体育馆示例



(二) 长方形平面

长方形平面的优点是外形简捷、结构简单,场地纵向两侧看台视线好、容量大,基本能按最佳视线位置安排座席,适用于看台边线为长方形,场地纵轴两侧或一侧为主看台的中小型馆,如图 74 所示。

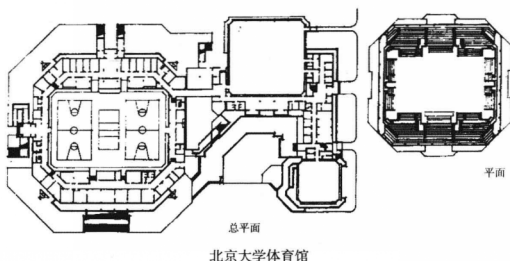
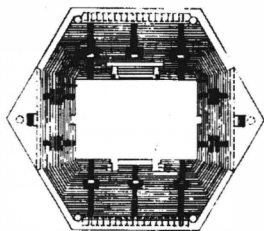
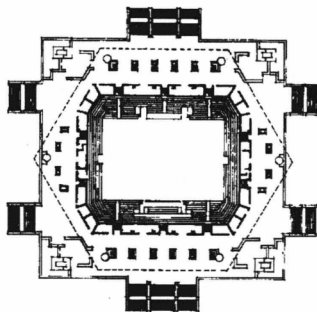


图 74 长方形观众厅的体育馆示例

(三) 多角形平面

按照体育馆视觉效果分区形状分析,六角或八角形的观众厅,其座席视觉效果好,结构简单,外形完整,平面简捷,适合于大中型体育馆,如图 75 所示。



座席排列方式

广州天河体育馆

图 75 多角形观众厅的体育馆示例



(四) 圆形、椭圆形平面

圆形、椭圆形观众厅适用于大中型体育馆，上海体育馆即为圆形平面，如图 76 所示。

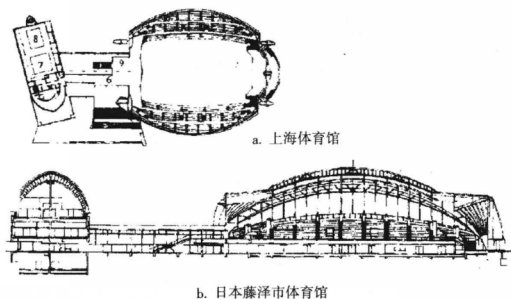
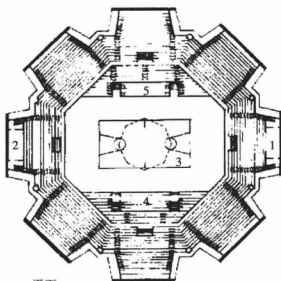


图 76 圆形、椭圆形平面观众厅的体育馆示例

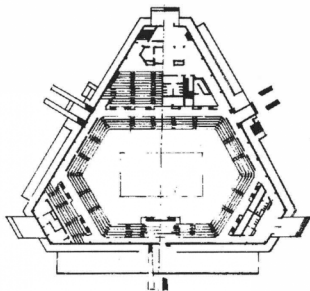
(五) 不规则形式

三角形、花瓣形观众厅的造型特点较显著，但平面、结构较其他形状复杂，如图 77 所示。



平面

a. 肯尼亚国家体育馆



平面

b. 北京石景山体育馆

图 77 不规则形式观众厅的体育馆示例



二、体育馆观众厅看台形式与视线

体育馆观众厅看台作为观众观看比赛的场所，它的设计是否合理决定着观众观看比赛的效果。在设计上要求考虑观众厅的看台形式、看台剖面形状和视线效果。

（一）观众厅的看台形式

看台的形式目前有两种，一是一坡式看台，即从看台第一排纵向走道到最后一排，也就是一坡到顶的形式，如首都体育馆；二是楼座式看台，即看台形式分为两层或多层，每一层都不在同一斜面上，各层之间纵过道上层与下层互不通，如南京五台山体育馆。

设楼座式看台必须具备两个条件，一是第一排观众眼点水平至视点的垂直距离要小；二是视点至第一排观众眼点水平距离要求大，否则，楼座式看台上层坡度就会太陡。影剧院由于第一排的高度小，所以较多地采用挑台楼座式看台形式，而体育馆第一排的高度较大，因此必须有较大的场地才具备设置楼座式看台的条件。

（二）视线效果

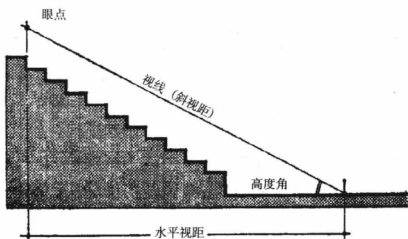
观众有良好的视觉效果是观众厅设计的主要任务之一。视觉效果的好坏主要是指观众在不同距离、方位和高度的席位



上,观看运动员及物体运动时的清晰度和辨别能力。视觉效果是决定观众厅平面形状、长跨比例的主要依据之一。

以下为影响视觉效果的因素。

(1) 视距:观众眼睛(称眼点)和被观察物(称视点)之间的连线叫视线。视线的距离叫斜视距;视线的水平投影称水平视距,如图 78 所示。体育馆观众厅的视距是指水平视距。



注:体育馆看台坡度一般 $\leq 30^\circ$,所以斜视距与水平视距相差不大。
为了计算、制图方便,均以水平视距计算。

图 78 水平视距、高度角

眼点至场地中心的水平视距叫中心视距。

眼点至场地最远处视距标准点叫最远视距,如图 79 所示。
视距的远近与视觉的清晰度成正相关。

(2) 方位角(水平角):即眼点与场地中心联线的水平投影与比赛场地短轴的夹角(图 80)。水平角小,辨别沿长轴方向活动的能力强,辨别沿短轴方向活动的能力弱。水平角大,辨别能力则相反。

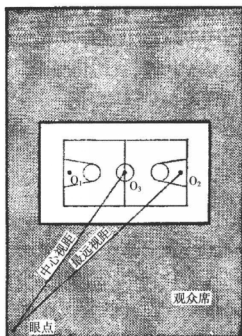


图 79 最远视距图

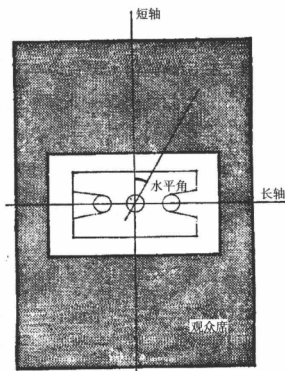


图 80 方位角图

(3) 高度角（垂直角）：即视线与比赛场地的夹角（图 78）。高度角大，视觉辨别前、后活动的能力强，深度感好，但辨别上、下活动的能力差。反之，高度角小，辨别前、后活动的的能力差，而辨别上、下活动能力强。

(4) 视线无阻碍性：即眼点和视点之间不被人 and 物所阻碍。由于体育馆的场地相对较小，在实际工程设计中，高度角的问题在视线设计中难度不大。这是因为按人眼的可辨视角 $1'$ 计算，即便在看台坡度很陡的情况下，仍能使视觉得到可辨认的高度。所以，视觉效果主要是解决好视距和方位角两个问题即可。

视距的远近直接影响视觉的清晰度，是决定视觉效果的主要因素。因此，使观众席取得良好的视觉效果，首先应尽量缩短视距，其次考虑方位。

但是，制定一个控制视距的标准是不现实的，因为决定观



众是否看清的因素很多,除视距远、近外,还有观众厅内的色彩、灯光、空气透明度以及观众本身的视力等。就是在同样的视距、同样的条件下对不同的体育项目和表演所要求的清晰度也不一样,标准也就不同。所以很难确定一个统一的控制视距标准,即观众能“看得清”的标准。

三、体育馆看台观众座席布置

体育馆看台观众座席布置,首先要方便观众入场和出场,交通过道的布置和尺度应满足安全疏散要求。观众席的座位形式分为有靠背座椅,以及有靠背和无靠背条凳(包括直接坐在看台上)两大类。

(一) 观众座席布置

观众座席的座宽与排距见表1。座席布置应注意以下几点:

表1 观众座席最小尺寸

席位种类 规格	无背条凳	无背方凳	有背硬椅	有背软座	活动软椅	扶手软椅
座宽(米)	0.42	0.45	0.48	0.50	0.55	0.60
排距(米)	0.72	0.75	0.80	0.85	1.00	1.20

注:1. 记者席占2座2排,前排放工作台。

2. 评论员席占3座2排,前排放工作台。

3. 看台排距指净距,如首末排遇栏杆或靠背后倾,则应适当加大。

4. 一般观众座椅高度不宜小于0.35米,且不应超过0.55米。

5. 座椅应安装牢固,并便于看台清扫,室外座椅还应防止座椅面积水。



1. 凡靠墙边座席与墙之间应留通道, 通道宽不应小于 0.80 米, 座椅不能靠墙布置。

2. 在座席中间布置疏散走道时, 横走道之间的座位数不宜超过 20 个。如果前后排座椅的排距不小于 90 厘米 (大排距) 时, 可增至 50 个。疏散走道净宽度应不小于 1 米。纵向走道之间的座位数不宜超过 26 个, 纵向走道宽也不小于 1 米。

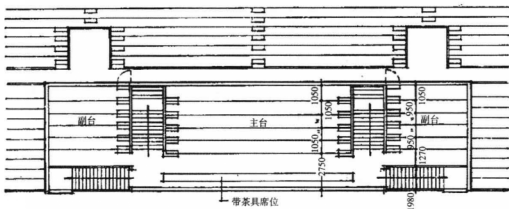
3. 为了便于清扫观众厅座席座椅下的地面, 宜选用悬挑式座椅。椅的颜色应分区, 各区色调不同, 最好用软席以便吸声。座席宽度一般为男子 42 厘米, 女子 38.7 厘米, 座席常用宽度为 45~50 厘米。横走道宜采用实心栏板, 纵走道可用实心栏板或空心栏杆。

为便于疏散, 体育馆一般的座椅采用自动翻转, 且没有扶手。

(二) 主席台布置

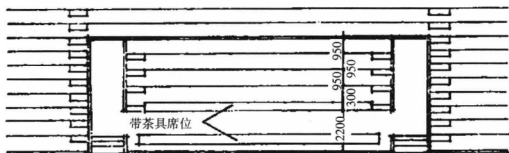
主席台位于整个观众厅视觉效果最好的位置。主席台与“内场”的贵宾休息室和比赛场地都应有直接、方便的通道。

主席台座席数, 一般为观众总座数的 0.5%~1%。主席台应设专用出入口通向场地的梯步, 以便于贵宾到场地为运动员颁奖。大型或国家级体育馆主席台两侧宜设置副台, 如图 81 所示。中小型馆不宜设副台, 如图 82、图 83 所示。主席台所占面宽不宜过大, 尽量少占最佳观众座席。主席台面宽一般为大型 18 米左右, 中小型 12 米左右, 容纳人数 15~30 人。国外不少体育馆不专设主席台, 有贵宾时可在最佳位置用栏杆围部分座席为专用供贵宾使用, 平时仍将这些好座席供普通观众使用。主席台上应设广播和通讯设施。



带茶具席位 15 座、主台活动椅子席位 98 座、副台固定席位 120 座，合计 233 座

图 81 北京首都体育馆主席台平面



带茶具席位 40 座、活动椅席位 80 座，合计 120 座

图 82 南京体育馆主席台平面

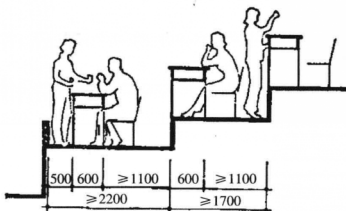
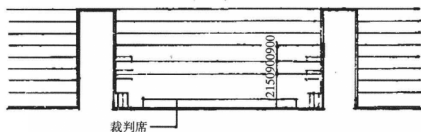


图 83 主席台座席排深的确定



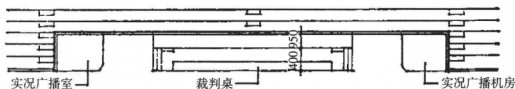
(三) 裁判席布置

裁判席设在主席台对面,其两侧为运动员入场口。裁判台上需布置计时控制员、记分控制员、犯规记录员、比赛广播员、广播评论员、裁判长、场地管理员、电器控制管理员、座席及实况转播和电视转播等指挥控制席等。裁判席人员 15 人左右。裁判席平面布置如图 84、图 85 所示。



裁判席可容席位 15 座,后两排席位 44 座,合计 59 座

图 84 南京五台山体育馆裁判席平面



裁判席可容席位 17 座,后两排席位 22 座,合计 39 座

图 85 北京首都体育馆裁判席平面

四、体育馆看台安全疏散与交通设计

体育馆看台的安全疏散与交通设计,主要是解决体育馆内



成千上万名观众在紧急情况下，如何迅速疏散的问题。同时，还要使观众厅达到经济、合理的要求。

看台安全出口和走道应符合下列要求：

(一) 安全出口应均匀布置，独立的看台至少应有两个安全出口，且体育馆每个安全出口的平均疏散人数不宜超过400~700人，体育场每个安全出口的平均疏散人数不宜超过1000~2000人。

(二) 观众席走道的布局应与观众席各分区容量相适应，与安全出口联系顺畅。通向安全出口的纵走道设计总宽度应与安全出口的设计总宽度相等。经过纵横走道通向安全出口的设计人流股数，应与安全出口的设计通行人流股数相等。

(三) 安全出口和走道的有效总宽度均应按不小于表2的规定计算。

表2 疏散宽度指标

观众座位数 (个)		室内看台			室外看台		
宽度指标 (米/百人)	耐火等级	3000~5000	5001~10000	10001~20000	20001~40000	40001~60000	60001以上
	疏散部位	一、二级	一、二级	一、二级	一、二级	一、二级	一、二级
门和走道	平坡地面	0.43	0.37	0.32	0.21	0.18	0.16
	阶梯地面	0.50	0.43	0.37	0.25	0.22	0.19
楼 梯		0.50	0.43	0.37	0.25	0.22	0.19
注：表中较大座位数档次是按规定指标计算出来的总宽度，不应小于相邻较小座位数档次按其最多座位数计算出来的疏散总宽度。							

1. 有效宽度标准

(1) 安全出口宽度不应小于1.10米，同时出口宽度应为人流股数的倍数，4股和4股以下人流时每股宽按0.55米计，



大于 4 股人流时每股宽按 0.50 米计。

(2) 主要纵横过道不应小于 1.10 米 (指走道两边有观众席)。

(3) 次要纵横过道不应小于 0.90 米 (指走道一边有观众席)。

(4) 活动看台的疏散设计应与固定看台同等对待。

2. 安全出入口位置的选择

(1) 安全出入口应尽量不占或少占最佳观众座席位置, 如图 86 所示北京月坛体育馆即选在场地四角。

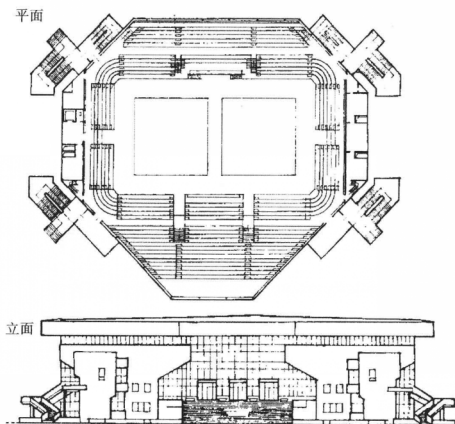


图 86 北京月坛体育馆



(2) 运动员出入比赛场地的进出口应与主席台位置相对, 如图 87 所示为美国佛罗里达大学斯蒂芬体育中心。此体育馆中心将出入口放在四角, 运动员也可在主席台对面出入。

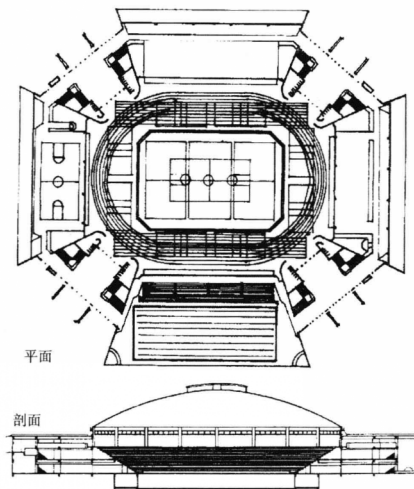


图 87 美国佛罗里达大学斯蒂芬体育中心

(3) 工作人员、贵宾出入口宜设在主席台一面, 以便就近出入, 如图 88 所示为台湾彰化市体育馆。此馆将观众入口放在第二层, 观众服务用房也放在第二层, 观众可直接从室外上楼梯到观众休息厅, 再从休息厅到看台座席。运动员、工作人员、贵宾、记者均从底层进口出入, 这样从空间上将两股人流分开, 完全避免了相互干扰。

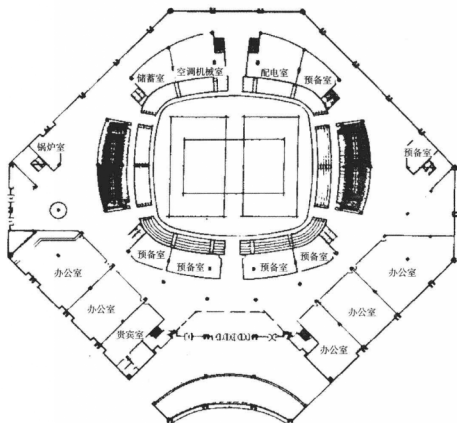


图 88 台湾彰化市体育馆

第三节 体育馆其他用房的设计

体育馆其他用房是指除观众厅以外的用房，包括观众、贵宾、运动员、裁判员、新闻工作者以及服务管理人员等用房。

一、体育馆观众用房

观众用房可分为两部分，一部分是观众直接使用的，包括



过厅、休息厅、卫生间、电话间等,应尽量满足其使用要求。另一部分是属于其他部门使用且为观众服务的,包括小卖部、邮电服务部以及书刊服务部等。可根据具体情况灵活配置。

(一) 休息厅

休息厅是观众观看体育比赛、文艺演出和政治集会时休息的场所。它与观众厅直接相连,设计上要避免休息时吸烟的烟雾和其他气味对观众厅的污染。休息厅与“内场”应有明确的区分,尽量避免互相干扰,但又要便于联系,因此应设有工作人员专用通道。

观众使用休息厅的规律,从国内各体育馆的情况来看,在比赛或演出时,观众离开席位到休息厅活动者较少,大部分观众都集中在比赛或演出的休息时间到休息厅,休息的观众高达40%左右,造成休息厅的拥挤。

我国各体育馆休息厅的面积统计情况见表3。按观众总人数的 $1/3$ 同时到达休息厅来计算还是合适的。例如,按观众厅的平均密度为 $1\sim 1.50$ 人/米²计,那么休息厅面积 F 就应:

$$F = (0.20 \sim 0.30 \text{ 米}^2 / \text{每一观众}) N \text{ (可容纳观众总人数)}$$

表3 我国部分体育馆休息厅面积统计

名 称	观众休息厅面积 (米 ² /人)	名 称	观众休息厅面积 (米 ² /人)
首都体育馆	0.32	河北体育馆	0.33
上海体育馆	0.20	河南体育馆	0.17
南京五台山体育馆	0.17	内蒙古体育馆	0.37
辽宁体育馆	0.18	浙江体育馆	0.29



休息厅的布置原则应尽量满足使用、方便管理，充分发挥其作用。休息厅面积的分配应与观众席的分布情况相适应。尽量避免多层设置，使供应及服务设施集中，以方便管理。设在同一层时也应连成一体，以利使用。

休息厅的布置方式和体育馆的整体建筑布局及规模大小有关。分布式布置方式采用得较为广泛（图 89）。图 90 所示为集中式布置，适用于观众人数少，入口设在观众厅场地短轴一侧的平面布局。这种布局能够节约面积、方便管理。休息厅采用集中式布置的缺点是造成面积分配不均衡，使部分观众距休息厅过远。

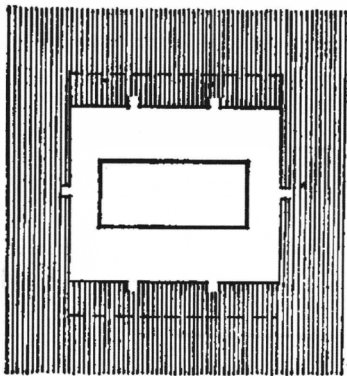


图 89 休息厅分布式布置

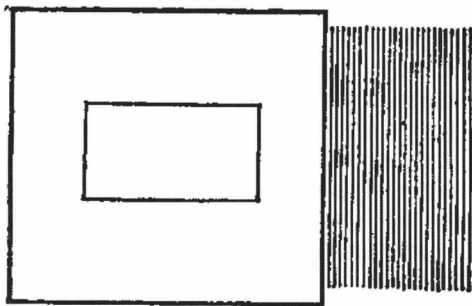


图 90 休息厅集中式布置

观众休息厅在气候温和地区可采用敞开的形式，即利用室外庭园作为休息场所，或采用室内和室外相结合的方式，这样可以节约体育馆建筑面积，如图 91 所示。

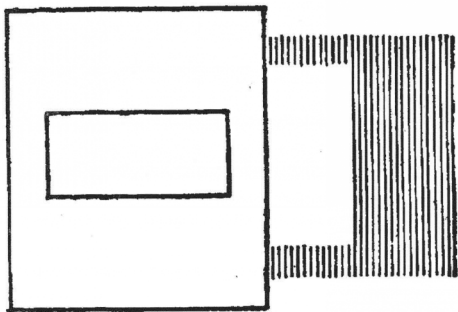


图 91 敞开式休息厅布置



(二) 卫生间

休息厅卫生间的布置一般附属于观众休息厅，其布置原则和形式与休息厅相同。

卫生间器具数量的计算，首先要确定男女观众之间的比例。由于体育馆具有多功能使用的特点，因此男女观众的比例变化较大。从我国目前情况来看，女观众一般不超过观众总人数的 $1/2$ ，男观众一般不超过观众总人数的 $3/4$ ，而体育馆在体育比赛时使用卫生间的人数较多。由于体育馆观众人数多，卫生间器具总数较多，使用的灵活性更大。因此器具数量可相应少些，例如，北京首都体育馆原按剧场规定设计，其卫生间器具数量在实际使用时，只用了不到 $1/2$ 。一般男卫生间按每 250 人 1 个便池、3 个便斗，女卫生间按每 100 人 1 个便池即可。为了简便计算可按观众总人数每 1000 人男卫生间设 3 个便池、9 个便斗，女卫生间设 5 个便池计算。

其平面布置形式，每一卫生间最好有两个出入口，以利提高卫生间使用率（图 92）。

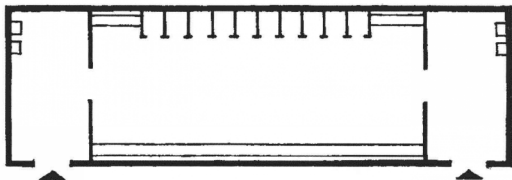


图 92 卫生间平面布置



卫生间的通风必须解决好。暂时没有机械排风的卫生间,应有直接对室外的窗户。设有机械排风的可以做暗卫生间,但要解决平时空调不运转时卫生间的排气问题,最好分别设置排风系统,及时排除气味。另外,小便池的漏水问题在构造处理上,应结合各地情况解决好。

(三) 小卖部

休息厅小卖部的柜台长度,各地区按体育馆的规模和具体需要酌情安排。但对货物的搬运和储存在设计时应给予适当的考虑,特别是小卖部设在二层时,货物的垂直运输应解决好,如首都体育馆容纳观众 18000 人,每场活动为观众提供的商品最多时,汽水达 4800 瓶,面包和点心糖果各 3000 多斤,如果每天连续三场活动其数量就相当可观了。这么多商品运到二楼,如果没有解决垂直运输和预留足够的储存面积,将给使用带来很大的困难。

小卖部根据体育馆的规模,可采用集中和分散两种布置方式。小卖部柜台长度各地差别很大,一般情况下,可按每 1000 人 2 米长设计。5000 人以上的馆最好设两处以上小卖部。

二、体育馆贵宾用房

贵宾使用的房间主要是指贵宾休息及其服务设施用房。贵宾休息室可分为内宾和外宾两部分,必要时它们各自有独立的出入口和相应的卫生设备、服务设施。两组休息室之间一般可用会客厅联系,也可根据实际需要灵活布置,房间多少的伸缩



性较大。贵宾用房应与观众、运动员、记者和工作人员用房严格分开,但又应有互相联系的通道。

休息室面积可按每一贵宾 $0.50 \sim 1$ 平方米来考虑。贵宾卫生间应按贵宾人数的多少考虑,一般女卫生间便器不少于 2 个,男卫生间大、小便器各不少于 2 个。

我国目前的一些体育馆,对贵宾卫生间器具数量的设计存在问题,一般反映为数量不够,因此设计时应适当增加以满足使用要求。贵宾用房平面布置形式如图 93 所示。



图 93 体育馆贵宾用房平面



三、体育馆运动员用房

运动员用房主要包括休息室、更衣室、男女淋浴室、卫生间、医务室、准备活动练习场地和检录处等。

运动员在体育馆有两种活动，一是进行比赛，二是训练。进行比赛时，运动员对其用房的要求如下：

（一）休息室

作为在赛前、赛中和赛后休息、开会用。

篮、排、羽毛球和冰球等项目的比赛，通常在一个单元时间内最多进行两场比赛，也就是说最多 4 个队在一个单元的时间内参加。以篮球队员为最多，每队包括领队、教练员和医生在内一般 20 人左右，4 个队共 80 人。运动员休息室和更衣室主要是在比赛前开预备会和更衣、存放物品，面积不需过大，每队 1~2 间，每间 30~40 平方米。平面布置如图 94 所示。

乒乓球和体操等项目，每场比赛往往有较多队参加，有时可多达几十个队，每队人数不等。可临时利用活动隔断，将一些练习用房分隔成小间以解决运动员休息、更衣的问题。每间 10~15 平方米。

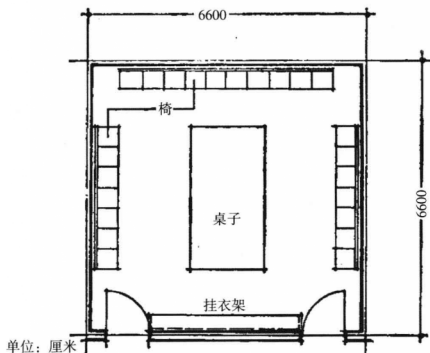


图 94 首都体育馆运动员休息室平面图

(二) 淋浴室

一般体育馆可设男女运动员淋浴室各一套，每套淋浴室设更衣柜 10~20 个、喷水龙头 6~10 个。经常进行国际比赛的馆，应考虑国内外运动员分别使用，数量可增加一倍，即男女各两套淋浴室。另外，淋浴室布置的位置应尽量考虑自然通风的可能。

由于平时运动员在练习以后使用时，整个馆的空调系统不运转，可以利用竖风道等办法解决通风、换气问题。因此，将运动员附属用房放在体育馆的主体外部，就比较容易解决通风问题。



(三) 卫生间

运动员使用的卫生间,一般考虑“内场”其他人员,如工作人员、新闻记者等共同使用。因此可根据体育馆“内场”的平面,设置男女卫生间各1~2套。如果大型运动会比赛,运动员人数较多时,可适当增加。男卫生间便池和便斗各不少于2个,女卫生间便池不少于3个。

(四) 检录处

检录处是运动会比赛前点名和赛后登记成绩的地方,位于比赛场地运动员入口的附近。检录处的面积目前我国各馆不一,应根据使用要求确定。一般情况下,检录处应设在两队排队入场的地方,而此位置在文艺演出时又起后台作用。检录处内应设有成绩公布栏,可利用墙面,也可放置临时布告栏。

(五) 练习场地

练习场地根据使用要求有以下两种配置方式:

1. 一般比赛

一般性比赛时,参加的队少,只需配置供运动员在赛前做准备活动的活动室即可。如有条件配置较正规的场地,则应考虑方便平时使用的问题。



2. 大型比赛

经常接待大型比赛任务的体育馆,因参加队和运动员较多,就需要一定数量的练习场地,以便在比赛期间供各队做准备活动和训练用。其配置方式可以靠近主体馆,并与主体馆组合在一起,如上海市体育馆、辽宁体育馆。也可在馆外另建。无论哪一种方式都应解决好平时使用和训练的问题。因为大型比赛每年只有几次,而大量的还是平时的使用,要充分提高其使用率。

运动员用房设计除上述要求外,还应考虑多功能使用问题,特别是文艺演出。体育馆内的文艺演出特点是,各文艺团体联合演出多,参加演出的单位多,如北京首都体育馆和工人体育馆,演出时单位最多达 17 个,演员最多达 500 人,特殊情况下近千人。运动员休息室在文艺演出时就是演员的化妆室。因此,在休息室内应放置洗手盆等以满足演员化妆的需要。检录处就相当于后台,应考虑到一些简单道具的出进。练习场地可作为临时排练节目的地方。总之应从设计上满足多功能的使用。

四、体育馆裁判用房

一般在体育比赛中,裁判员的工作比较简单,不需要专门设置裁判员用房。当有全省、全国或国际性运动会时,裁判组织工作比较复杂、人员较多,如大型国际赛会其裁判员和大会工作人员最多达 200 人,可根据体育馆使用性质分别对待。一般不进行国际或大型比赛的馆,可设一些机动房间,临时作为裁判员休息、更衣用。经常进行国际性或国内大型比赛的馆,应单独设置裁判员休息室、总裁判室和其他大会宣传、会议、



后勤等用房。

五、体育馆新闻系统及其他用房

体育比赛尤其是大型运动会，新闻工作者要通过各种手段将比赛情况介绍出去。新闻工作者包括报、刊和电视、电台记者，以及电视、电影和图片摄影师等。他们需要的用房有以下几种：

（一）报刊记者用房

记者通过文字和照片介绍比赛情况，活动范围主要是比赛场地。必要时设写稿、工作用房 1~4 间，一般设在底层（图 95）。

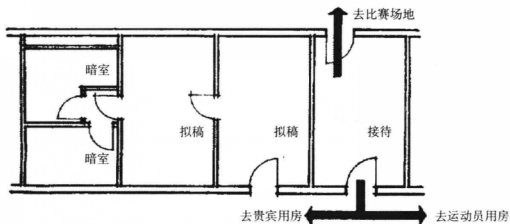


图 95 首都体育馆新华社工作室

记者由于工作需要，可以自由进出“内场”“外场”，不必为他们单独设置服务设施。但是，记者所需现场工作的房间应尽量接近场地。其他专用设备，如电脑、传真、电报、电话



等，均应充分利用城市的电讯设施，以节约投资。

(二) 电影摄影师用房

电影摄影师用影片记录比赛情况，介绍给观众，活动范围主要是比赛场地，必要时设冲洗、无线电传真等房间。

(三) 电视摄像点

电视摄像主要是进行电视转播，所用摄像机要求相对固定。为了保证电视观众能较好地看到比赛实况，需要若干摄像机在不同摄像点摄取镜头。通常分为三种，即近景专取特写镜头、中景主要是追踪比赛的精彩点、远景则拍摄比赛场地和观众厅的全貌。不同项目的体育比赛，摄像点的位置不同。其位置如图 96 所示。

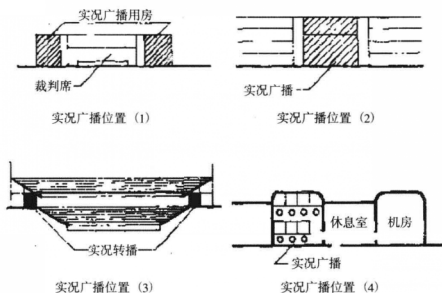


图 96 电视摄像点位置参考图



因此,在观众席上预留摄像点,应是经常使用的位置。在有特殊摄像需要时,可采用临时占掉座席的方法架设摄像机。在设计时不预留摄像点,而采取临时在座位上搭摄像台的办法来解决,也比较经济适用。

电视转播车既是电视转播机房又是编导室,因此总平面设计中应考虑电视转播车停放的位置。微波天线可根据有关单位要求,在屋顶上预留适当位置,并应便于架设和拆卸。

第四节 体育馆练习馆

练习馆也称健身房,是开展室内体育活动、培训运动员和赛前练习的场所,一般分为球类、体操、田径和综合馆等。

一、练习馆的设计要点

练习馆作为运动员平时训练和比赛时的热身场地,在设计建造时应注意以下几个问题:

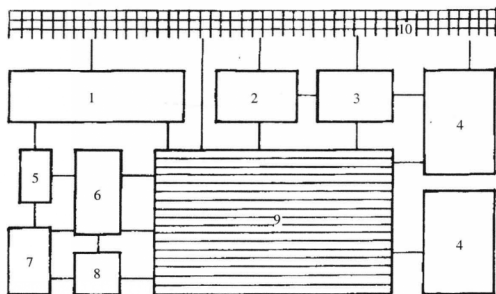
(一) 练习馆长、宽、高的确定是根据不同项目所需场地大小及空间的要求进行设计,综合使用的练习馆则应综合考虑各种活动所需尺寸。

练习馆一般附有更衣、淋浴、卫生、器械贮藏、办公管理等服务设施用房。

(二) 练习馆的地面可根据使用条件分别采用木地板、塑胶地面、水泥地面和混合土地面等。



(三) 练习馆的平面布置根据不同条件, 每个项目单独设置, 可以互不干扰。几个场地组合在一起形成一个大空间, 训练时则用栏网隔开使用。这种综合布置的馆便于举行小型比赛, 有多功能灵活使用的优点, 尤其可以设置活动看台, 使用上更为方便。其缺点是在训练时容易互相干扰。图 97 为练习馆平面关系布置图。



1. 会议室; 2. 管理室; 3. 器材贮存室; 4. 专项场地; 5. 门厅; 6. 更衣淋浴室; 7. 教练室; 8. 卫生间; 9. 练习馆; 10. 室外场地

图 97 练习馆平面关系布置

(四) 练习馆应尽可能设置参观、观摩的地方。由于练习馆的层高较高, 结合擦洗启闭窗户的要求, 可以挑出观摩廊。

(五) 一般练习馆多为单层, 为了节约用地, 也可将一部分项目设于楼上, 如乒乓球、羽毛球等。北京体育馆乒乓球练习房是 3~4 层的建筑物, 如图 98 所示。

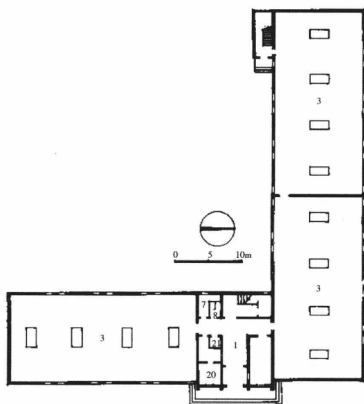


图 98 北京体育馆乒乓球练习房

(六) 由于练习馆是在室内进行体育活动，故对朝向的要求并不严格，但必须尽可能避免眩光。

二、球类馆设计应注意的问题

(一) 由于篮排球的扣球、抛球的力量比较大，练习馆的玻璃门窗内侧应设置铁栏杆加以保护。暖气片也务必加罩，以免损伤球体。

(二) 凡是篮排球共享的训练场地，应设置活动篮球架和



有一定的墙面供练习排球扣球之用。

(三) 篮筐背墙处应尽可能不开窗, 如非开窗不可, 则应开小窗或高窗。

(四) 如采用木地板则油漆面不宜过滑或过涩, 以不采用水泥地面为宜。

三、乒乓球、羽毛球练习馆的设计

由于乒乓球、羽毛球的球小, 击球的速度快, 弧度较大, 因而练习馆要求光线柔和。为避免眩光, 球台对面不应设置采光窗, 如果设置, 则应加设遮光通风百页。为了使白色小球看得清楚, 在一般视线范围内的墙裙高度 (1.80~2.50 米), 涂以墨绿色为宜, 由于墙面能反射光线, 增加亮度, 因而不宜刷涂太深的颜色。为了练习接发球, 乒乓球馆的地面可略带坡度, 让球能自动流入靠墙根的沟槽里, 便于收集, 减少捡球时间。

乒乓球练习馆的照明, 不仅在球台而且在整块场地内, 都应有足够的垂直照度和水平照度。四周墙面反光率要求在 0.20 以下, 灯具布置应延长至球台后 3~5 米。灯具高度应在 5 米以上, 采用宽配光, 并避免眩光。

羽毛球场地要求照度也较高, 灯具一般布置在场外。

四、网球馆、场

网球的击球动作幅度大, 球的运行高度高、速度快, 因此



要求的空间也比较大。网球场是一个长方形的平面,单打场地长 23.77 米、宽 8.23 米。双打场地宽 10.97 米,长度与单打场地相同。底线以外至少要有 6.40 米的空地,边线以外至少要有 3.66 米的空地。

室内网球场地面可以是黄土地面、塑胶地面或塑胶草地。设在室外的网球场四周还应设置挡球网。由于正式比赛在室外进行,因此网球场地的地面构造设计质量,会影响到比赛的质量,尤其在雨后继续进行比赛时,更需要及时排泄雨水而又保持地面的弹性。

网球馆后墙和地面反射率小于 0.20,顶棚和侧墙为 0.60 ~ 0.80。灯具一般采取沿场地两侧边线平行布置。

五、体操房

在体操运动中,男子有单杠、双杠、吊环、鞍马、自由体操和跳马六项。女子有高低杠、平衡木、自由体操和跳马四项。参加比赛的运动员一般都要进行各项的规定动作和自选动作。为了在平时训练时,排除运动员的不安全顾虑,在练习馆内普遍设置海绵坑。

由于体操运动的项目多,设计时必须注意不同运动项目对室内空间高度和助跑道长度的要求。练习房的设计一定要妥善解决冬季保暖和夏季降温的问题,以改善室内气温条件。

体操房除了综合安排各个项目的设备(包括安全带滑车的设置)外,还应减少噪音干扰,保持训练房内的安静。在自由体操训练时,需要钢琴伴奏,因此需设置琴房,伴奏时应能看到场地,而练琴时又不干扰场地中其他项目的训练。



六、田径馆

田径运动是许多项目的训练基础，加强田径训练，增强身体素质，是提高各项运动成绩的方法之一，田径馆的设置可以保证不因自然气候的变化而影响训练。田径馆一般以 4~5 条 200 米跑道的长度为依据，另外设置符合 110 米高栏要求的直跑道，直跑道总长度不应小于 40 米。在跑道的内圈设一条以锯末作为地面材料的放松道，在跑道内圈设置跳高、跳远、三级跳远和撑竿跳高等场地。田径馆的高度应以不影响撑竿跳高的基本要求为准。

思考题

1. 体育馆如何分类？
2. 体育馆规划布局的原则是什么？
3. 体育馆建筑空间布局原则是什么？
4. 体育馆的多功能使用主要体现在哪几个方面？
5. 观众席视线设计的影响因素有哪些？
6. 体育馆疏散设计要点。

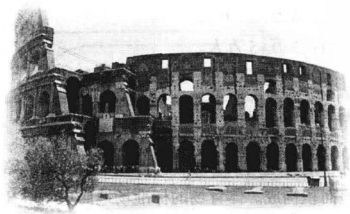


第四章 体育场

体育场系指能进行多种特定体育项目比赛的综合性体育运动场所。它包括符合国际比赛标准的 400 米跑道的田径场，场地中心为 105 米×68 米的国际足球比赛场地，以及四周全部或局部有固定的看台。

体育场的比赛场地大，进行比赛的项目多，观众视距远，再加上看台容纳观众的数量多，因此给场地设计带来了很大挑战。

本章主要从体育场总平面的组成和布局、体育场场地设计和看台设计三个方面介绍体育场的基本布置和设计要点。





第一节 体育场总平面的组成和布局

从总平面和房间的组成内容来看,体育场总平面组成与体育馆基本相同。但是,因为体育场的使用人数远远大于体育馆,所以有些要求又有所不同。在体育场的设计建造中应遵循以下设计原则。

一、设计原则

(一) 体育场设计应合理选择规模和用地

体育场的用地,应按进行国际比赛、正规比赛、练习的不同使用要求进行用地选择。

1. 体育场的类型

- (1) 特大型: 10 万人以上。
- (2) 大型: 6 万~10 万人。
- (3) 中型: 3 万~5 万人。
- (4) 小型: 0.50 万~2.50 万人以下。

2. 体育场占地面积

主要由场地占地面积和看台占地面积及四周道路、照明设施灯架占地面积构成。体育场的标准场地面积一般在 14900 平方米左右。影响占地大小的因素主要是看台容纳观众人数的多



少,一般可按 0.45~0.50 平方米 / 每座席计算,在体育场外通常设有集散广场,其面积可按 0.25~0.30 平方米 / 每座席考虑。

(二) 体育场的安全疏散

1. 观众与运动员、工作人员的交通流线应互不干扰,并与城市道路交通组织联网。环绕体育场四周应设环形车道,道路宽不宜小于 4 米。

2. 看台设计要满足国家安全疏散有关规定的要求。

3. 大门、栏杆、踏步、围墙设计等要在意外事件发生时不致出现安全事故,因此应比普通配件牢固。

4. 看台与其他设施的安全要求应更高。

5. 出入口不得少于两个。

(三) 体育场的方位

体育场的长轴 (直跑道的方向) 应为南北向,以免通过直跑道运动员的目光与阳光相对产生眩目。一般情况下,体育场的长轴为正南北向,南偏东或偏西 5° (图 99 和表 4)。

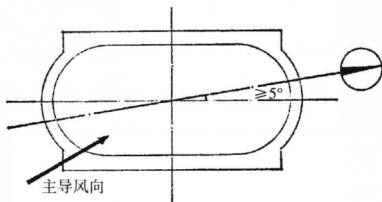


图 99 体育场最佳方位



表 4 国内外部分体育场地方位

名称	北京工人 体育场	南京五台山 体育场	重庆 体育场	上海虹口 体育场	北京先农坛 体育场	武汉 体育场
方位	北偏东 5°	北偏东 9°	正南北向	正南北向	北偏西 25°	北偏西 14°
名称	广州越秀山 体育场	西藏 体育场	哈尔滨 人民体育场	摩洛哥 体育场	罗马 体育场	莫斯科列宁 体育场
方位	东西向偏北	正南北向	正南北向	北偏西 14°	北偏西 14°	北偏东 45°

体育场的方位与体育场所处地理纬度有关，在不同纬度情况下方位可参考表 5 考虑。

表 5 不同纬度与体育场方位

北纬	16° ~ 25°	26° ~ 35°	36° ~ 45°	46° ~ 55°
北偏东	0°	0°	≤ 5°	≤ 10°
北偏西	≤ 20°	≤ 15°	≤ 10°	≤ 5°

(四) 体育场的防风

风速过大，对羽毛球、排球、足球、标枪投掷等运动有很大影响，因此所有露天场地都应注意场地所处地区的风速和风向。设计时要注意地区和城市风的常年主导风向和四季主导风向，同时还应考虑体育场所处地段的小气候情况，如山谷风、河谷风等。总之，场地长轴方位要与南北朝向一致，并与地区主导风向有一定偏离角度，风速应低于田径比赛要求，即运动员顺风跑时，风速不得超过 2 米 / 秒的规定，尽可能使场地成为无风区，其主要措施有以下几种：

1. 场地直跑道（也就是场地中心轴）与地区主导风要有一定偏角，以减少风对运动员的影响。



2. 注意体育场四周地形地貌，尽量利用山丘、山岩或种植树木以挡风。

3. 利用看台和其上部顶棚用以挡风，这是体育场挡风的主要方法。目前国际上挡风的主要办法，是采用钢筋混凝土看台结构支撑看台悬挑顶棚，加大悬挑量一般为 30 米，如印度尼西亚雅加达体育中心体育场，在看台上部设钢结构挡风棚。挡风棚向场内悬挑出 48 米，向场外挑出 17.15 米，顶的标高是场内高，场外低，形成倾斜，使风尽量沿场顶而过，以减少对场内的影响（图 100）。再如北京工人体育场，看台高约 20.9 米，其顶部做了 3 米宽 8 米深的挡风棚，经实验和使用证明，当场外风速为 4 级时，场内可进行正常的比赛（图 101）。当然防风问题的最终解决办法是变“场”为“馆”。

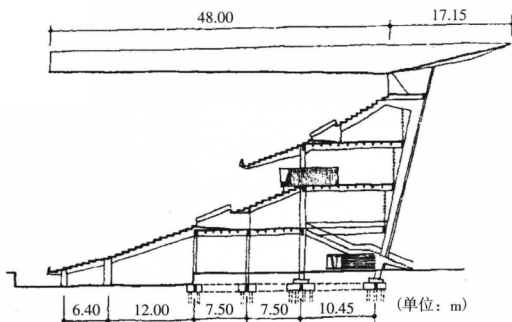


图 100 印度尼西亚雅加达体育中心

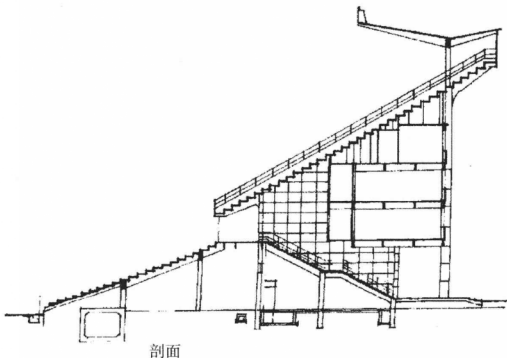


图 101 北京工人体育场看台

(五) 体育场与环境

体育场要充分利用地形、地貌进行设计，特别是山区和丘陵地带可利用山坡作实砌看台，以减少建筑造价，使建筑造型与周围环境巧妙结合，以达到最佳的建筑环境效果。例如，德国慕尼黑奥运会体育场就是一个很好的例子（图 102）。第 20 届奥运会在该场举行开幕式，它的看台依山就势，大部分为实砌，看台顶部由钢架和浅淡灰棕鱼塑料板构成，形状如帐篷，与奥林匹克体育中心的化纤膜顶体育馆和游泳馆的造型相呼应，成为奥运会建筑场馆的独特造型。该例是体育场地建筑设计中的一个创举。1972 年第 20 届奥运会在这里举行，主场均用化纤塑料顶覆盖体育场一部分。体育场长 263 米，宽 250



米，能容纳 8 万名观众，总面积达 43690 平方米。足球场尺寸 105 米×68 米，田径场设 400 米环形跑道、10 条直跑道、2 个跳高场地、1 个跳远和三级跳远场地、1 个铁饼和链球场地、1 个撑竿跳高场地、1 个标枪场地。田径场跑道均为 13~20 毫米厚的塑胶。

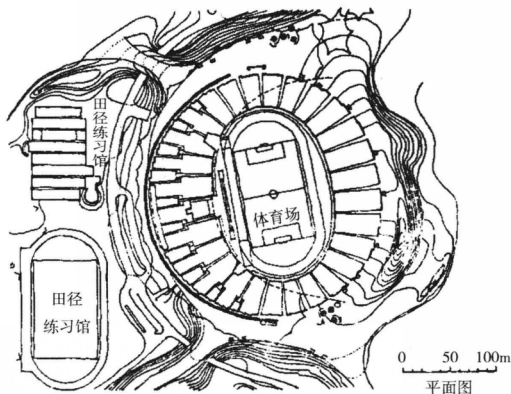


图 102 德国慕尼黑奥运会体育场总平面

墨西哥大学城中央体育场的特点也是利用地形，看台全部为实砌（图 103）。该场建于 1954 年，后扩建为第 19 届奥运会田径赛场，看台容纳观众 8 万人。电子记分牌设备宽 30 米、高 12 米，为当时世界之最。

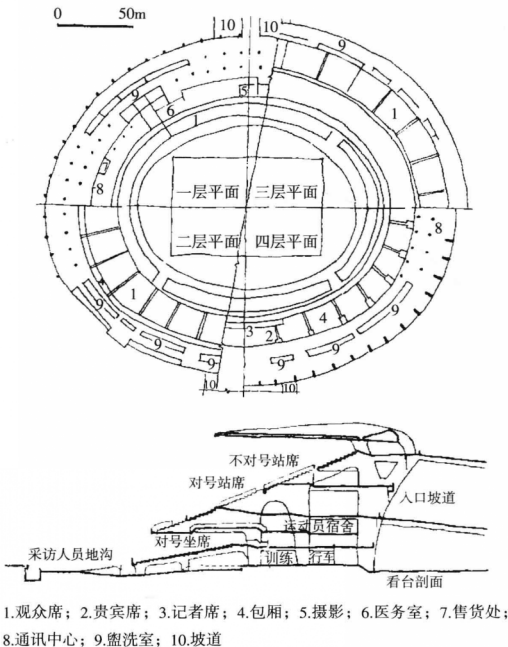


图 103 墨西哥大学城中央体育场

意大利罗马福尔塔利卡体育中心奥林匹克体育场看台的特点是地平线以下为部分实砌，地平线上部分架空（图 104）。

该体育场占地 9 公顷，建筑面积 33500 平方米，纵轴 319



米，横轴 186 米。中心足球场 105 米×70 米，跑道长 400 米，可容纳观众 10 万人（其中固定座席 55000 座、站席 25000 座、活动座席 20000 座）。看台每层有 16~17 个出入口，观众在 11 分钟可全部疏散完毕。

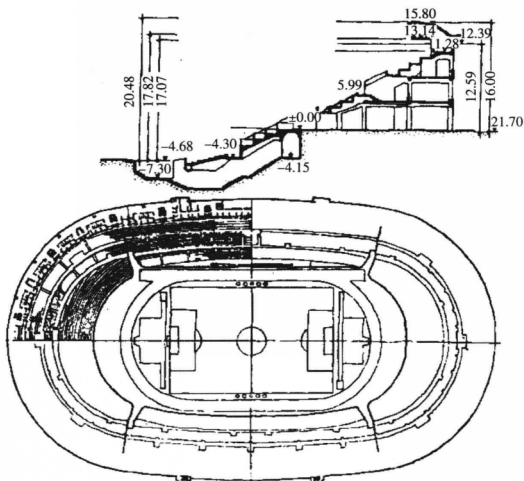


图 104 意大利罗马福尔塔利卡体育中心奥林匹克体育场

国内依山就势充分利用地形的体育场也不少，最典型的要算南京五台山体育场（图 105）。该场依盆地而建，可容纳 4 万观众，400 米半圆式标准塑胶跑道，场中心设草地足球场可进行国际比赛，全部为实砌露天看台，仅主席台为覆盖座席。

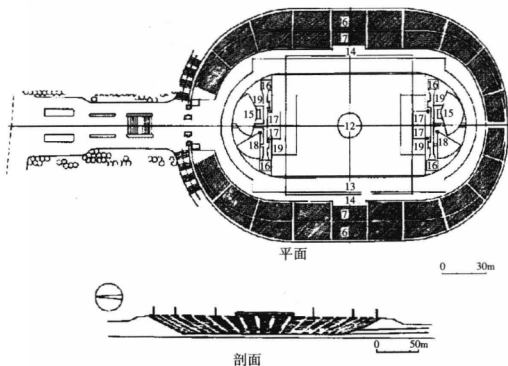
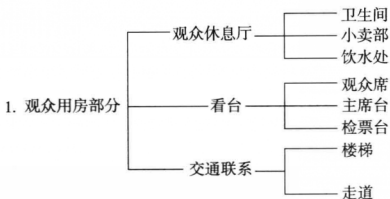


图 105 南京五台山体育场

二、总平面布局

总平面由体育场、练习场、检录处三部分组成。

(一) 体育场房间组成





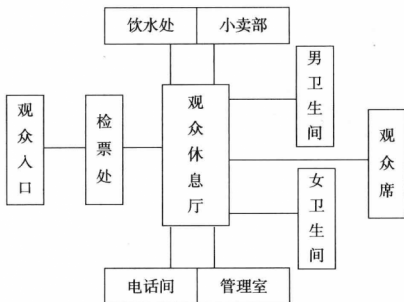
(二) 各部分房间的关系

在这三大部分用房中，观众用房与管理用房联系较少。观众用房在交通上应与运动员用房分开，不能互相干扰和穿越。而运动员用房与管理用房的联系比较密切，从人员构成情况及

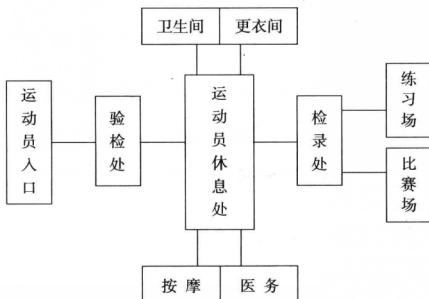


人员行为规律看，有以下几种流线：

1. 观众行为流线

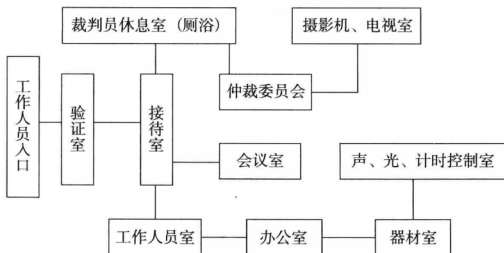


2. 运动员行为流线

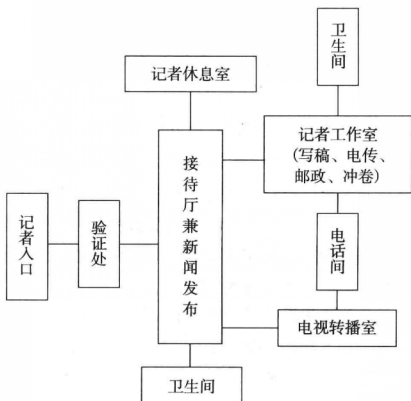




3. 工作人员流线

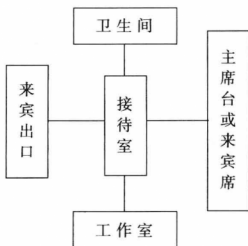


4. 新闻记者流线





5. 来宾流线



(三) 体育场设计的有关参考指标

主席台座席数量占观众座席数量的 0.50% ~ 1%; 残疾观众轮椅席占观众席数量的 0.10% ~ 0.20%; 观众休息厅面积 0.10 ~ 0.20 平方米 / 座席 (亦可做成通过式休息廊)。

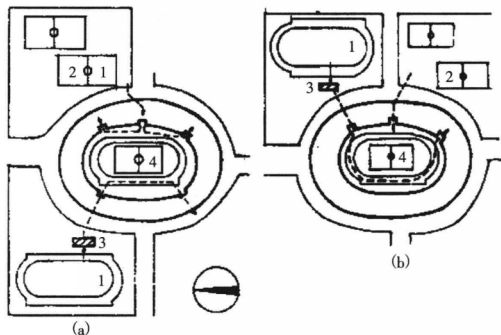
三、体育场总平面布置形式

正规比赛场地应设有田径练习场一个, 足球场两个 (一个设在田径场内)。为使各比赛项目能同时进行, 有的田径项目另设场地并用绿化、道路或围网将场地分隔。重要比赛练习场的场地质量标准应与比赛场地一样。

练习场应尽量靠近比赛场地。田径场宜放在体育场地西北角使径赛运动员入场接近跑道起点, 也可放在东北角, 足球赛前练习应在两块足球场地上进行, 足球场宜放在体育场的东侧 (因一般主席台设在西边看台上), 使运动员入场能面对主席台。



检录处是参赛运动员练习后供集合、分组、检录用的房屋，应设在体育场跑道起点通道与田径练习场之间的地段上。其布局形式如图 106 所示。



1. 田径练习场；2. 足球练习场；3. 田径检录处；4. 体育场比赛场

图 106 检录处与体育场及其他部分位置关系

第二节 体育场比赛场地

体育场的比赛场地主要是足球场和 400 米标准跑道上的所有竞赛项目和其他全部田径场。场地的范围是指上述所有项目的比赛场地，以及必要的缓冲地带和场地交通道路，即四周看台的内轮廓线所包含的面积。场地的大小和布置应该满足比赛和训练的需要，并最大限度地节约用地，当然还要考虑当时的使用情况。



一、各种场地规格要求

一个正规体育场的场地，除要求能够进行国际田联所列田径竞赛内容外，还要求能够进行正式的足球比赛。

(一) 径赛场地

1. 跑道

400 米标准跑道为 6~8 道，一般为 8 道。100 米直跑跑道起跑线后应留有大于或等于 15 米的直线距离，终点线后应留有 25 米直线缓冲距离，直跑道总长至少为 140 米。跑道前后纵坡应小于或等于 0.10%，跑道向内侧倾斜，左右倾斜坡度应小于或等于 1° 。正规比赛跑道采用塑胶地面，每条跑道宽为 1.22~1.25 米（包括白线宽 0.05 米），如图 107 所示。

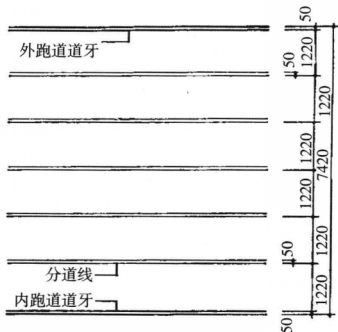


图 107 径赛跑道



2. 跑道形式

跑道有半圆式、篮曲式、二圆心式、尖圆式、三边式、四边式等 6 种 (图 108)。

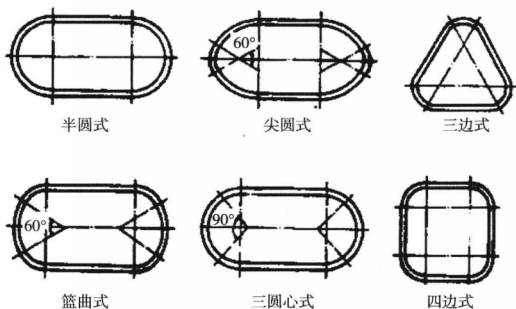


图 108 径赛场地跑道形式

半圆式弯道有利于运动员调节身体重心, 不影响竞赛成绩而被国际上普遍采用, 因而又称半圆式为国际式, 而其他形式只在特殊情况下才使用。

3. 400 米标准跑道设计

跑道形式为半圆式, 其弯道半径为 36 ~ 38 米, 常用有以下两种:

- (1) 半径: 36、36.50 和 37.89 米。
- (2) 圆心距: 85.96、84.39 和 80.0 米。

36 米半圆式 400 米标准径赛场布置如图 109 所示。37.89 米半圆式 400 米标准径赛场布置, 如图 110 所示。

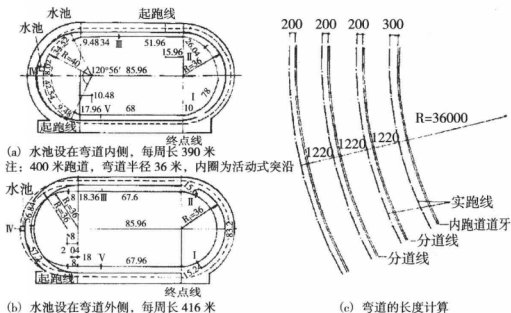


图 109 36 米半圆式径赛跑道

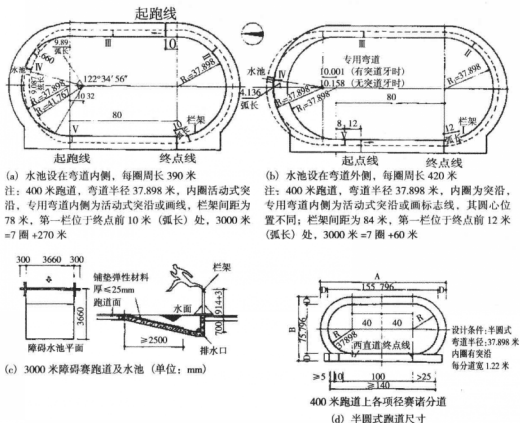
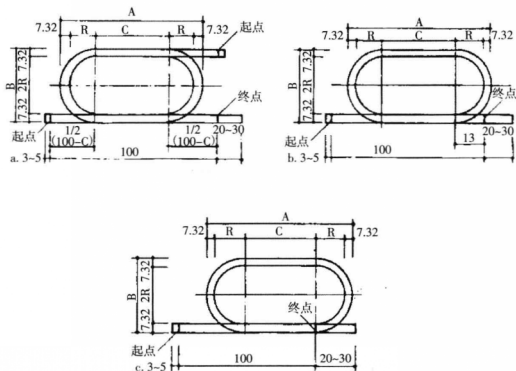


图 110 400 米标准跑道布置



4. 半圆式小型跑道设计

一般有 200 米、250 米、300 米三种，其布置形式及尺寸如图 111 所示。



a. 200 米跑道；b. 250 米跑道；c. 300 米、333.33 米跑道

图 111 半圆式小型跑道规格 (单位：米)

(二) 田赛场地

田赛场地一般布置在 400 米跑道内圈的空地上，特别是在两个半圆面内，如跳远、铅球场地，其布置方式如图 112 所示。无固定专用设施，如手榴弹掷远、跳高、标枪投掷场等。场地地面一般为草地或砂土。

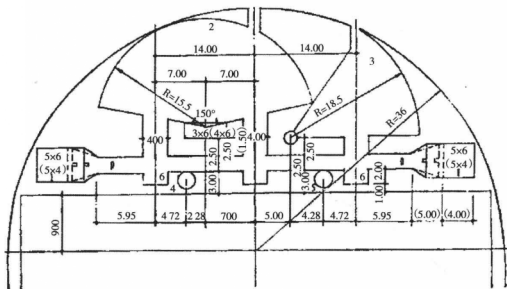


图 112 田赛场地布置

(三) 足球场

足球场标准场地尺寸为 90~120 米×45~90 米。世界杯比赛场地为 105 米×68 米。在足球场边线外应留 5 米缓冲地带，球门线外应留出 7.50 米。在 400 米跑道内设足球场，场地的四周应留有 1 米缓冲地带。正式比赛的场地地面为草地，一般比赛为砂土地面。

一般在弯道半径 37.898 米和 36 米的 400 米跑道内设足球场，可布置 105 米×68 米及 105 米×69 米两种尺寸的足球场。

二、场地的综合布置

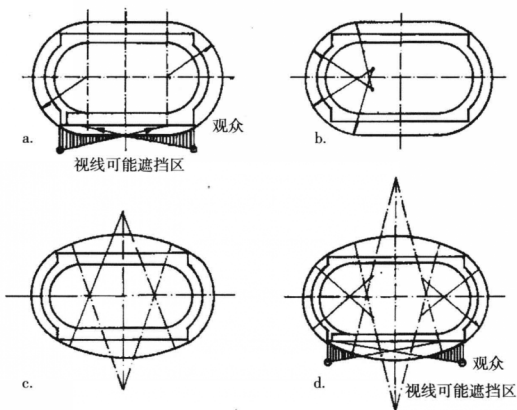
体育场比赛场地的形状、方位、大小的确定，主要取决于体育场的主要使用要求、所在地区的纬度、主导风向和使用时



间。因此，场地的综合布置就要考虑到以上几种情况。

（一）场地形状

场地形状是指场地外边缘线的形状，即看台的内沿线形状。按构成曲线所采用圆心的个数和与半圆式弯道圆心相同与否，分为二心圆式、三心圆式、四心圆式、八心圆式四种（图113）。一般来讲，二心圆式外形简捷，但场地四角处观众视线可能有部分被遮挡。三心圆式直跑道两侧宽度会加大，可避免二心圆式的缺点，一般在场地许可的情况下采用四心圆式为宜。



a. 二心圆式；b. 三心圆式；c. 四心圆式；d. 八心圆式

图 113 场地形状类型



(二) 场地布置

场地布置要尽量紧凑以减少占地面积,使观众视野开阔。为了满足大型比赛对阳光和风向的要求,各田赛项目至少应设两块不同方位的场地,以供选择。

标准场地布置,例如,田径径赛场采用半圆式弯道一般为8道,弯道半径采用36米和37.898米两种;100米直跑道分设在东、西两边;足球场布置在跑道圈内,这种方式目前已定型。这两种布置的数据如表6所示。

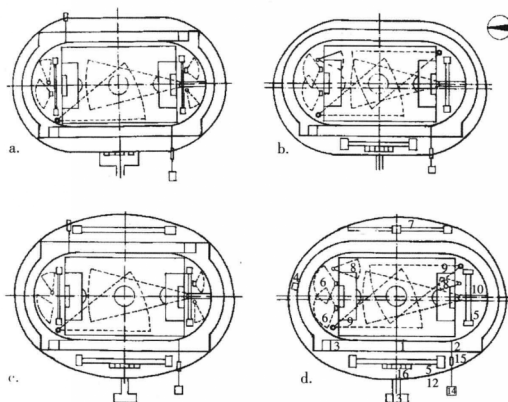
表6 400米半圆式标准跑道田径场尺度统计

弯道半径 (m)	直道长 (m)	纵轴全长 (m)	横轴全长 (m)	足 球 场		足球边线距道 沿距 (m)	占地面积 (m ²)
				长 (m)	宽 (m)		
37.898	80.00	181.80	101.30	105	68	3.85	18416
36	85.96	183.96	98.80	105	68	1.95	18029

注:跑道外侧便道宽取3米。

由于田赛场地和障碍水池布置的位置不同,在跑道圈内的弯道与足球球门线之间的地区内,一般布置铁饼、链球、标枪、铅球起掷区,而落地区在足球场内。跳远、三级跳远、跳高、撑竿跳高、障碍水池是布置在跑道圈内或圈外,目前有两种布置形式,一是全部田径场和障碍水池布置在跑道圈内,二是部分跳远、跳高、障碍水池布置在跑道圈外,其他布置在圈内。

以上两种综合场地布置有同心与偏心两类之分,如图114所示。



1. 跑道；2. 终点线；3. 起点线；4. 障碍水池；5. 跳远 三级跳远场地；6. 跳高场地；7. 撑竿跳高场地；8. 铅球投掷场地；9. 铁饼、链球投掷场地；10. 标枪投掷场地；11. 足球场；12. 观众席位置；13. 主席台位置；14. 终点摄影位置；15. 终点裁判席位置；16. 颁奖台位置
- a. 同心跑道内布置场地；b. 偏心跑道一侧布置有场地；c. 同心跑道内外都布置场地；d. 偏心跑道两侧布置场地

图 114 场地综合布置类型

(三) 场地大小的确定

场地的大小不仅影响观众视距远近，而且直接影响占地面积。在径赛跑道外距看台内的距离 (X) 应尽可能的短，如图115所示。

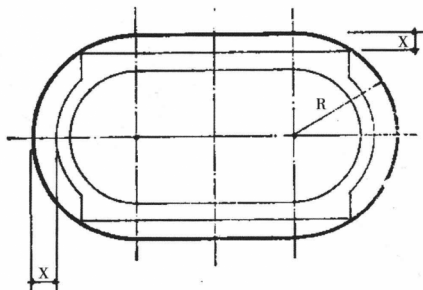


图 115 场地大小的确定

但如果看台容量大时, X 过短会使看台起坡过大, 因此其数值应与看台容量有一个适当的比例。而影响 X 值的另一个因素是在跑道外是否还设田赛场地, 其中撑竿跳高场地最小应 ≥ 8 米。如果还要设交通沟, 宽度则另加, 一般 X 为 19 米, 如果跑道外不设田径场, 那么 $X \geq 3$ 米, 通常为 6 米。

X 值的另一影响因素是在弯跑道外是否设障碍水池。 X 值的大小对场地面积影响较大, 如表 7 所示。

表 7 X 值与地面面积关系

X (米)	3	4	5	6	7	8	9	10
场地面积(米 ²)	15970	16450	16940	17440	17490	18450	18960	19480
X 每增 1 米, 场地所增加的面积	0	480	490	500	500	510	510	520

从表 7 的数值来看, X 每增加 1 米, 场地面积增加 500 平方米, 因此应尽量控制 X 值。日本东京国立体育场, 采用将直跑道伸入看台内的办法来减少 X 值。如图 116 所示, 使 X



值等于 3 米，以便留出通道。

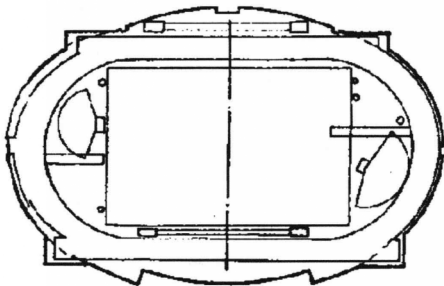


图 116 日本东京国立体育场

第三节 体育场看台设计

体育场场地一般是露天场地，看台可能全部或部分覆盖，也有可能全露天。体育场看台设计的基本内容有看台平面设计、看台视线设计、疏散设计、观众座席布置设计、看台结构选型及剖面设计和看台下部空间利用设计等。

一、看台平面布置设计

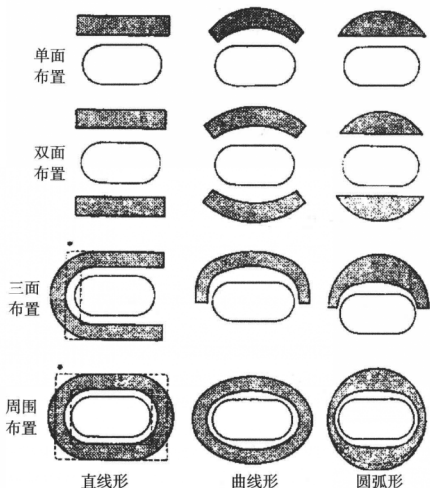
体育场的看台是体育场的重要组成部分，它包括观众席和看台下部空间的其他用房。体育场观众席的特点是场地大、视距远，要保证观众获得良好的视觉效果；体育场观众席除一般



观众和贵宾外，还应设置一定数量的运动员席；体育场看台应有一定的高度，试点的高低与场地变形关系较大。因此看台的布置应该遵循以下的设计原则。

(一) 看台平面布置

看台平面布置沿跑道边处采用直线或曲线进行，如一边布置看台，常布置于西向；两边布置时布置在东西、东南、东北等；三边布置时一般布置在东西南或东东北；四边式（周边式）为我们常见的布置形式（图 117）。



注：虚线表示以足球场为主的体育场

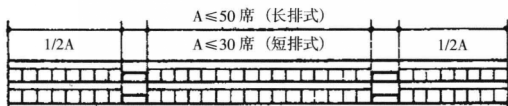
图 117 观众席布置的基本类型



(二) 观众座位数

看台观众座位数的多少按方位布置,以东西向看台座位数多为宜,其中又以西看台最佳,因为主席台往往设在西看台上。

观众座席还有运动员席、来宾席、贵宾席等。正规比赛场不设站席,普通座席宽 420~500 毫米,排深 650~700 毫米;主席台座席宽 600 毫米、深 850~1000 毫米。座席排列和数量要求如图 118 所示。



注:采用有背座椅及标准较高时宜采用短排式。

图 118 每排座位数量

(三) 座席分区

看台座席分区一般按单元式布置,北京奥林匹克体育场是看台座席按单元式布置的实例(图 119)。每单元内设一个出入口,容纳 1500~2500 人,每排 25~35 人。每单元之间用 ≥ 1 米宽的通道隔开,出入口净宽 5 米左右。

观众座席总数估算如按跑道弯道半径 36 米,外道边缘外 4 米宽通道,跑道道数为 8 道,观众座席宽 0.45 米采用周边式布置时,不同大小体育场看台排数如表 8 所示。

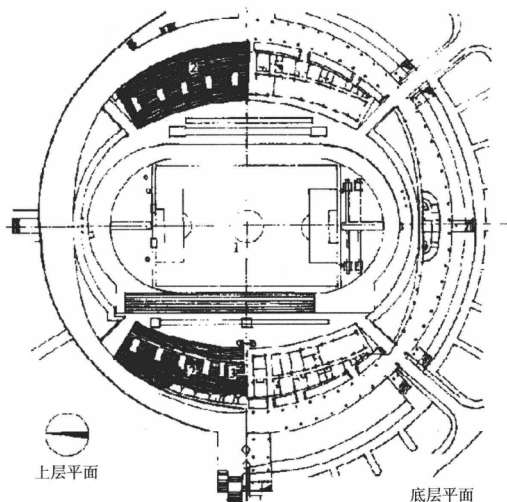


图 119 北京奥林匹克体育中心体育场

表 8 不同大小体育场看台排数估算

规模(座)	5000	10000	15000	20000	25000	30000	40000	50000
排数	5 排	9 排	14 排	18 排	22 排	28 排	36 排	44 排

$$n \text{ 排长度} = \frac{486 \text{ 米 (第一排)} + (n-1) \text{ 米 (相邻两排长度差)}}{0.45 \sim 0.60 \text{ (座席宽)}}$$

注：座席宽度因为考虑交通和主席台等，需占用部分面积，宜取高限 0.5 米或 0.60 米。



(四) 主席台

主席台一般设在西看台上，位置宜与普通观众席分开，最好在普通座席上部，也可放在普通座席中间，在布置时应注意对左右两侧座席的视线遮挡。

主席台距场地不宜过远或过近，距场地视距宜在 8~14 米以内，并有适当的高度，一般在 10 排以后，要求座席视线有较好的深度感。

(五) 运动员座席

运动员座席一般设在主席台两边的座席内，以便运动员出入内场和接近跑道的起点，平时为普通观众使用时宜将楼梯封闭。

(六) 看台观众座席分配

一般以东西看台为主，又以西看台为最佳。东西看台宜各占总观众数的 $1/3$ ，而南北看台共占总席数 $1/3$ 。

二、看台视线设计

体育场的看台视线设计是为了使看台观众席平面的外轮廓线上的每一个座位的视觉效果大体相似，即保证绝大多数的观

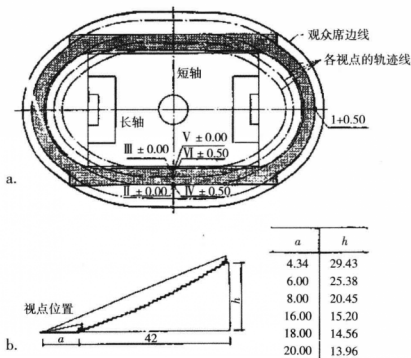


众能有较好的观看质量。

(一) 视点选择

视点选择应以“场地规模、设计标准、运动项目”为依据。常用视点位置有四种，每个视点的轨迹线均与第一排观众席线平行，其线形一致（如视点轨迹线是曲线，在第一排观众席线就是与之平行的曲线，如是直线就是直线）。

第一种，视点选在西直道外边线与终点线相交点，如图 120 所示为四种视点及轨迹，不同视点产生不同看台高度。这



a. 六种视点及其轨迹；b. 不同视点产生不同的剖面高度(单位：米)

注：①视线升高值 $c=120$ 毫米，② h 值随 a 值的不同而变，如右表。

图 120 看台视线设计



种视点能看清全场大部分跑道（当然足球、田赛亦能看清），适用于在跑道外布置田赛场地的情况，但看台坡度较大，如加大座席与视点的距离又会增加观看足球与田赛的视距。

第二种，视点选在直跑道外边与体育场短轴的交点上，这个视点也能看到大部分跑道，但对设在跑道外侧的田赛场地有部分遮挡。

第三、四种，视点选在直跑道内沿道牙处与场地短轴相交点的地面或上空 0.50 米处。这种视点看台观众观看田径赛遮挡较大，看足球也有遮挡，一般适用于练习场地。如果为无跑道的专用足球场地，可以角球点或球门处 ± 0 为设计视点。

（二）视觉效果分区

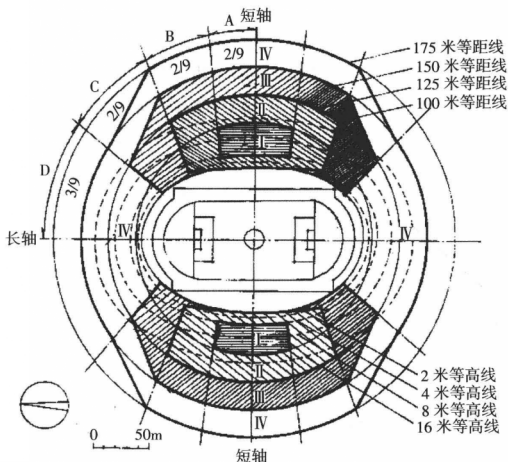
1. 影响视觉效果因素

（1）视距：视距是视线清晰度的主要影响因素，视距愈近清晰度愈好。

（2）视线方位：在水平方位，观众席愈接近场地短轴视觉效果愈好；垂直方位，观众视线与场地成适度的夹角，一般在 $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 时深度感较好。观众视平线与视点之间高度差愈小观众高度感愈好。

通常是用视线清晰度、深度感、高度感几个综合因素来衡量视觉效果（图 121）。

以上视觉效果分区可以用来限制观众座席的范围，用以审定看台容纳观众座席总数的比例。一般东西看台宜各占座席总数的 $3/10 \sim 4/10$ ，而南北看台宜各占 $2/10 \sim 1/10$ 。



注：图中等高线是以第一排观众眼睛位置高度 $y_1=1.10$ 米，视线高差 c 值=120 毫米，第一排观众眼睛位置与视点间的水平距离 $x_1=18$ 米的假定条件计算而得。

图 121 体育场观众席视觉效果分区

2. 清晰视距计算

人眼的视角清晰度为 $4'$ ，最小视角为 $1'$ ，如图 122 所示。

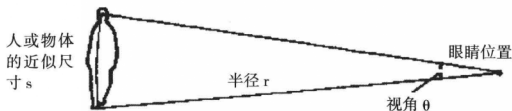


图 122 清晰视距计算

例如，视物大小为 S ，那么人观看的清晰最大视距为：

$$\frac{2\pi R \times 4}{360 \times 60^\circ} = S$$

$$R = \frac{S \times 360 \times 60^\circ}{2\pi \times 4} = \frac{1.7 \text{ 米} \times 2160}{8 \times 3.14} \quad (\text{令 } S=1.70 \text{ 米标准体高})$$

$$R=146.2 \text{ 米}$$

3. 看台剖面升高值计算

(1) 直线型剖面：每阶升高值相同，便于施工，适用于小型体育场。

(2) 折线型剖面：把看台台阶分成若干组，一般 3~5 个台阶为一组，每组内台阶升高值相等，而台阶组与组之间，每台阶升高值不相等，而呈折线。折线型剖面便于施工，看台面呈近似曲面，适用于中型体育场。

(3) 曲线型剖面：其特点是每个台阶升高值不相等，看台面呈曲面。这种形式适用于大型体育场，但台阶间差值如果 ≤ 5 毫米时，施工不便于控制，精度难于达到，最好差值能在 10 毫米左右。

视线计算基本数据：

C—视线升高差值，如图 123a 所示。

C—120 毫米（平视）、90 毫米（仰视）。

C—60 毫米（错位排列），体育运动多是俯视。

C 值选用 120 时最好，但看台升高较多则不经济，选 60



毫米时需将座席错位排列。

d—看台台阶深度 (用靠背椅时为 850~1000 毫米; 用无靠背椅的条凳时 700~850 毫米)。

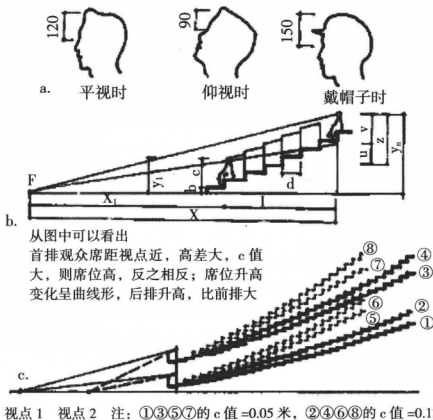
e—视点高度 (坐时为 1200 毫米, 站时为 1600 毫米)。

b—第一排观众脚下与场地地面高差 (球类或田径场地b可为“0”或正值; 游泳场地宜比球类更大些; 体操场地宜为“0”或为负值, 即平视为宜)。

x_1 —F 点 (选择的视点) 距第一排观众眼睛间的水平距离。

y_1 —第一排观众眼睛与过 F 水平线间的垂直距离 $y=b+1.20$ 米。

y_n —欲求某一排观众眼睛与过 F 点水平线间的垂直距离上述值之间关系, 如图 123b 所示。



a.c 值的三种情况; b.基本数值关系; c.观众席高度与视线设计条件的关系

图 123 视线升高差值



视线计算公式

逐排升高值计算公式 (图 124 为直线型)。

y_n 是第一排观众眼睛距 F 点水平线的高度。

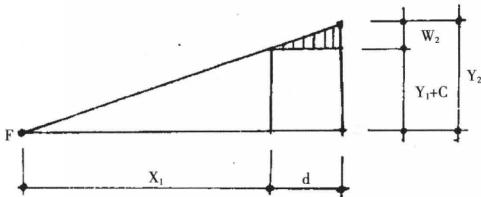


图 124 直线型升高值

由此推算即可得任意排的增高值, 如表 9 所示。

由上式可以看出, 当 c 与 d 、 y 值一定时, 则 X 值愈大看台升高值愈小。而 h_1 值, 由于第一阶看台面一般宜高出比赛场地 ≥ 300 毫米, 因此 $y_1 \geq 1.50\text{m}$ 。此时应考虑将看台前几排 (一般 3~5 排宽) 做成悬挑。悬挑看台下可在雨天进行练习, 其净高 ≥ 2.20 米, 加上结构厚度约 0.50 米, 此时 $y_1 = 3.90$ 米为宜。

表 9 增高值

x_1	y_n
4.34	29.43
6.00	25.38
8.00	20.45
16.00	15.20
18.00	14.56
20.00	13.96

注: 总排数 42 排, $d=850$ 。



逐排计算侧面呈曲线, 如图 125 所示。

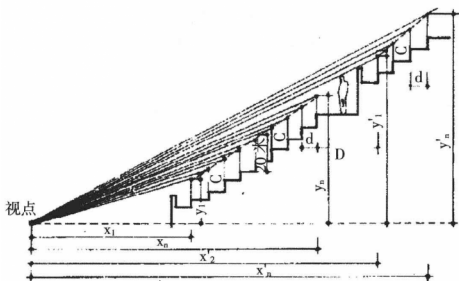


图 125 视觉计算公式

但从使用方便和安全上考虑, 每台阶高度与台阶深之比不宜大于 1:1.5, 其实际尺寸不宜大于 60 厘米, 最小高度不宜小于 25 厘米, 上下台阶高度差值宜以 1 厘米为单位, 以便施工。看台视线设计应考虑到计算假设条件失真, 如人体标准身高 170 厘米, 座高 130 厘米等, 以及运动项目和观看地面面积大小不同等因素。在实际使用时观众能自行调整角度和方位, 只要掌握好设计基本原则就能收到较好的效果。因此计算方法不宜过于精确, 而给建筑施工增加不必要的难度。

三、看台疏散设计

由于体育场观众数量多, 疏散时间集中, 因此安全疏散是设计的一个重要问题。



(一) 看台疏散口及通道

看台安全疏散口的分布要均匀, 疏散通道应通畅, 每个出入口的服务面不宜过大, 一般一个出入口以能通行 1000~2000 人为宜。如果看台分散独立布置在两侧或四周相互之间自成系统, 那么每个分看台疏散出入口或通道不应少于两个, 两个出入口之间应保持一定距离, 一般在 20 米左右。疏散口布置方式如图 126 所示。

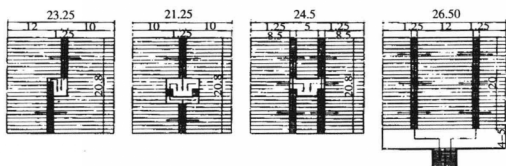
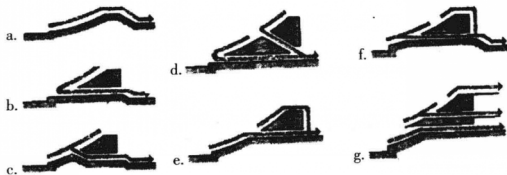


图 126 疏散口布置方式

(二) 看台疏散路线类型



a. 疏散口位于观众席上部, 观众沿纵向走道自下而上疏散; b. 疏散口位于观众席下部, 观众沿纵向走道自上而下疏散; c. 疏散口位于观众席中部; d~g. 上述三种类型的组台

图 127 疏散路线类型



1. 疏散口在上部

疏散口在观众席上部这种方式多用于利用天然地形的下沉式砌看台，如南京五台山体育场、德国慕尼黑奥运会体育场。目前有些体育场设计在场外修建梯子，观众从场外上梯达看台顶，再从顶部下到座席。采用这种疏散的看台通道布置如图 127a 所示。

2. 疏散口在中部

疏散口或通道在看台中部，这种做法较为普遍，其优点是布点均匀，出入方便，图 128 所示为广州天河体育中心体育场。

一个出入口的疏散面积一般为 400 ~ 500 平方米看台面积。

3. 疏散口在下部

疏散口设在看台下部，这种方式的优点是当观众不能满场时，观众能就近进入前排座席，缺点是从前面进出对观看有干扰。如图 127b 所示。

4. 综合型

它是 a、b、c 三种类型的综合，如图 127d. e. f. g 所示，这种类型适用于大型体育场。图 129 为山东省体育场。

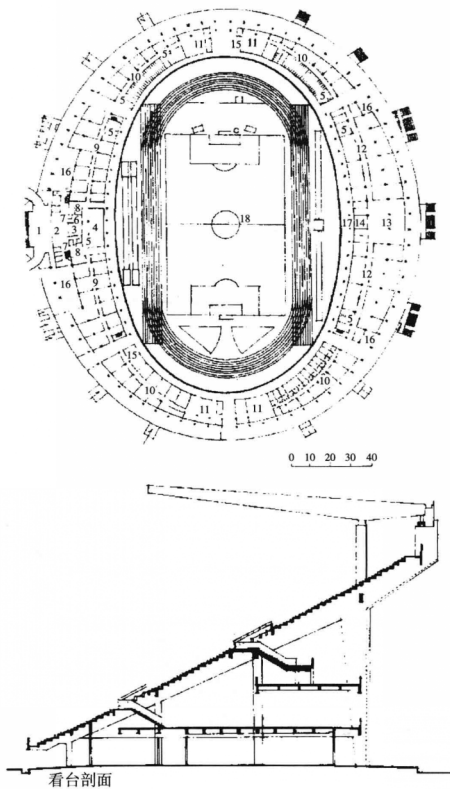


图 128 广州天河体育中心体育场

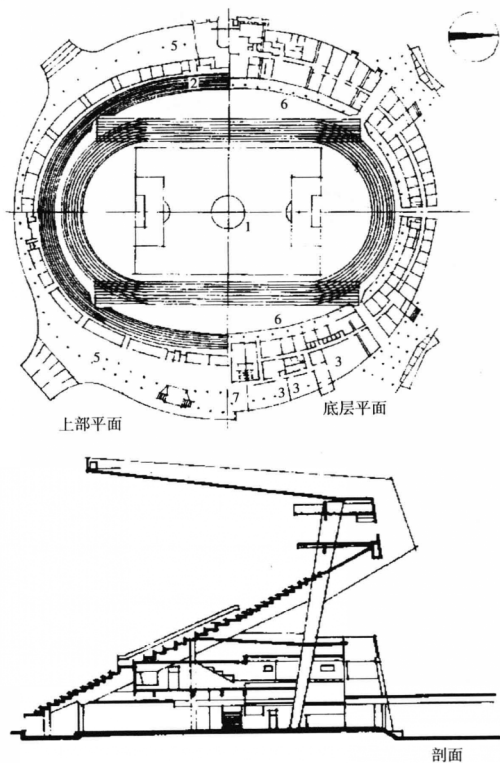


图 129 山东省体育场



(三) 疏散计算

1. 计算数据

(1) 人行速度：无阻碍自由行走中等速度 60~50 米 / 分钟；有一定阻碍，人流不太密集人行速度 45 米 / 分钟，人流密集时的上行速度为 8 米 / 分钟、下行速度为 10 米 / 分钟。

(2) 单股人流宽度：500~600 厘米，一般按 600 厘米算。

(3) 单股人流通行量：各国人体存在不同数据，如表 10 所示。

表 10 各国单股人流通行量

国名	中国	俄罗斯	波兰	英国	日本	美国
通行量 1 / 分	40 ~ 42	25	30	40	50	60

(4) 疏散时间：体育建筑控制疏散时间，如表 11 所示。

表 11 体育建筑控制疏散时间

容纳人数 时 间	≤1200	1200~2000	2000~5000	5000~10000	10000~50000	50000~100000
室内 (分)	4	5	6	6	—	—
室外 (分)	4	5	6	8	10	12

注：1. 当内外门之间有楼梯时，人行速度减慢，可将实际距离加上楼梯长度的 1/2 作计算距离；

2. 2~3 级以下建筑控制疏散时间应不超过 3 分钟。

2. 疏散计算公式

(1) 对大型或中小型体育场进行疏散计算可用下列公式：



$$\text{疏散时间}(T) = \frac{\text{观众总人数}(N)}{\text{单股人流通行能力}(A) \times \text{人流股数}(B)}$$

(2) 对所有规模体育场进行疏散计算用下列公式:

$$\text{人流股数}(B) = \frac{\text{观众总人数}(N)}{\text{单股人流通行能力}(A) \times (T - T_1)}$$

式中 T : 疏散控制时间;

T_1 : 从内出口到外出口之间人行估算时间。

体育场在允许疏散时间内计算出的单股人流股数乘以单股人流宽度就得出疏散所需的总宽度, 再根据情况分配到每个出入口上 (出入口个数 ≥ 2 个)。

外出口总宽必须大于或等于内出入口 (看台面出入口) 总宽度。

四、看台结构选型及剖面设计

体育场的看台剖面形式和体育馆基本相同, 但体育场具有观众多、比赛场地大、露天等特点, 因此体育场看台的结构选型和剖面设计就具有其独特性。

(一) 看台剖面形式

看台剖面形式一般有单层式、双层式和多层式三种, 而以单层式使用最多。多层式每层在看台面上无交通联系。一般情况下, 中小型及大型体育场多用单层。单层看台结构简单, 看台内交通联系方便, 看台坡度平缓。只有特大型体育场, 当采用单层式视距过大时, 为缩小视距而采用多层式。多层式一般主看台在一二层而主席台在 3 层。二三层看台由于层间的高差,



使其坡度较大，使用上不方便，但高度增加使看台下部空间加大，可安排作为辅助用房。当为双层式时，一层看台观众座席宜占总座席数的 $1/2 \sim 2/3$ 为宜，这样可减缓上层看台的坡度。

1. 单层看台实例

例如，广州天河体育中心体育场（图 128）、山东省体育场（图 129）、四川成都体育场（图 130）。

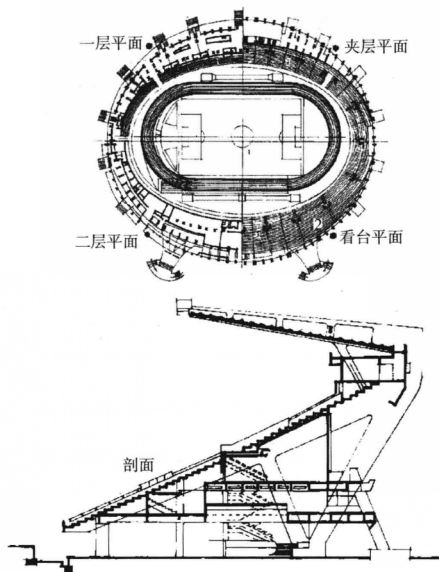


图 130 成都体育场



2. 双层及多层看台实例

例如，法国巴黎王子公园体育场（图 131）、加拿大蒙特利尔市奥林匹克中心体育场（图 132）。

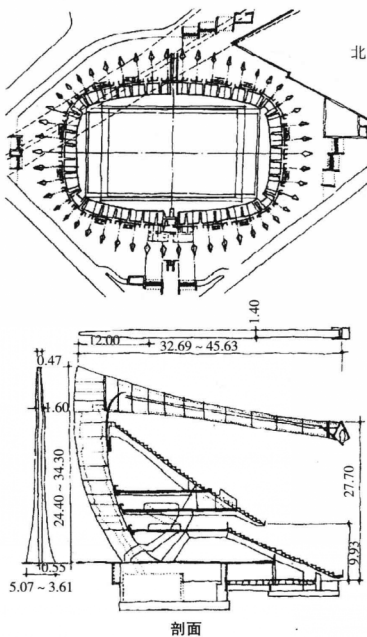


图 131 法国巴黎王子公园体育场

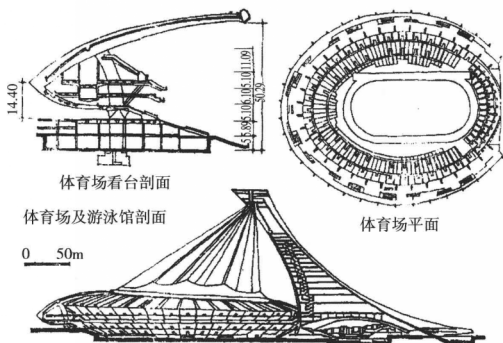


图 132 加拿大蒙特利尔市奥林匹克中心体育场

(二) 看台结构选型

1. 实砌看台

这种看台不覆盖、无顶棚，多是利用凹地或其他与凹地类似的天然地形建造，它的表面一般用条石或砖砌筑，以 $1:2 \sim 1:3$ 的水泥砂浆刷 10 毫米厚。这类看台结构简单、造价经济，但要注意山坡是否处于滑坡状态，要选择处于稳定状态的山坡。另外还要注意排水，主要是指山地的渗水，以免看台台阶由于水渗透处于潮湿状态，为此宜在看台顶部设截水沟。如图 133 所示，在看台与场地交接处设环状排水沟（一般与场地排水暗沟一致），在看台横向 20 米左右设排水沟（最好与看台座席分区统一考虑）。实砌看台多为露天，看台雨后湿滑，台阶面层应注意防滑，因此不宜用光滑表面，一般用粗砂水泥砂浆或细



石混凝土面层。在南方地区夏季炎热，露天看台宜在看台顶部设喷淋水管用来降温。

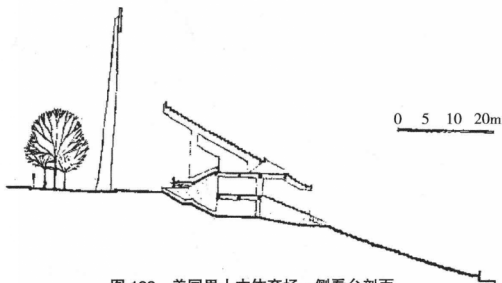


图 133 美国里士本体育场一侧看台剖面

2. 混合结构看台

混合结构一般以墙承重（多是砖墙），为钢筋混凝土的看台板。这种结构形式较之实砌看台的优点在于架空看台下部有大量空间可供利用。为了便于利用空间对建筑开间尺寸的要求，一般采用 3.60 米的开间，这种尺寸对于宿舍、办公室、会议室等都较为灵活实用。

一般露天看台的看台板面就是下部房间的屋面，因此板面应注意防漏。变形缝的处理不能与普通层面一样，在看台表面不能做柔性防水层，只能做刚性防水层。为了防止气温变化和日照引起板面开裂，防水层内宜配钢筋网。

看台板最好用现浇板。现浇板防水性好，可以不必再做防水层，也比较经济。但施工时应注意板支承墙上时坐浆要饱满，板缝用细石混凝土填密实。混合结构看台也有将看台做成钢筋混凝土结构的，而顶棚用悬挑钢结构。如图 131 所示。



3. 钢筋混凝土结构

大型体育场看台上有顶盖,或为使下部空间利用灵活,而采用钢筋混凝土结构。考虑使用的灵活性,柱网宜用 6.60 米 \times 6.60 米、6.90 米 \times 6.90 米、7.20 米 \times 7.20 米、7.50 米 \times 7.50 米。如果下部空间用做停车场,一般宜采用 7.80 米 \times 7.80 米,如作宿舍或办公室宜用 7.20 米 \times 7.20 米。

4. 看台顶盖

一般有悬挑和非悬挑顶盖两种,如图 131、图 132 所示。从看台骨架构成考虑,以三角形稳固空间为好,而看台出挑一般在 10 米以上。

(1) 悬挑支架结构:悬挑结构弯矩大,要靠看台高的自重来平衡。为减轻顶盖荷载加大出挑量,顶盖常采用钢筋混凝土悬挑大梁屋盖或钢结构屋盖,瓦为轻质大瓦(如波形玻纤瓦、铝板瓦等)。

(2) 不悬挑支架结构:用拱形网架或支柱支撑上部轻型钢架。此种形式的代表有澳大利亚墨尔本奥林匹克体育场(图 134)。

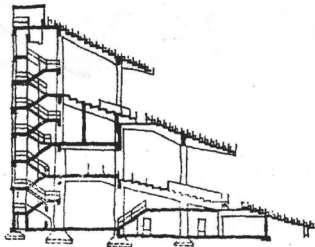


图 134 澳大利亚墨尔本奥林匹克体育场



(3) 悬索结构: 顶盖结构是悬索结构, 此种结构悬挑量可达 50 米, 如做钢管网架钢筋混凝土柱, 间距一般可达 10~20 米。屋面可用玻璃钢瓦或轻质高强塑胶薄膜。

(4) 张拉膜结构体系: 它的特点是用轻质高强尼龙防水布制作建筑膜料, 其透光率一般为 20%, 在阳光照射下由膜覆盖的建筑室内充满自然漫射光, 室内空间视觉环境开阔和谐。晚上室内灯光透出膜外照亮夜空, 使建筑物体形显现出神奇梦幻的效果。1996 年建成的美国亚特兰大奥运会体育场, 看台顶盖采用拉膜结构取得较好效果。这种结构较早应用在体育场看台的是德国慕尼黑体育场 (图 135)。



图 135 德国慕尼黑体育场

(三) 看台下部空间利用

架空的看台下部有大量空间可供利用。据初步估计, 一个 3 万人容量的体育场, 可利用空间平面有 15000~20000 平方



米。这实际上可以将看台看成是阶台形斜坡式建筑。但由于看台进深大，一般达 20 米以上，给房间的采光通风带来一定困难。另外，看台阶梯形成三角形空间，给空间利用和室内观感也同样造成了困难。为了能充分利用空间，在柱网选择、看台板处理，以及建筑平面布局和使用安排上应予以重视，并处理好下述问题：

1. 在使用上，对于看台高度不太高、形状不完整的空间可做乒乓球、棋牌、壁球、保龄球、举重、武术、击剑等运动项目的室内场地，以及为之服务的卫生间、休息室、办公室、会议室等。

2. 在平面布置上，由于进深大，一般采用内廊式布置，靠场外边的房间采光通风好，宜安排主要用房，靠场内侧可安排次要用房。

3. 在剖面设计时为使空间完整，在场内侧房间地坪可降低，以增加房间高度，在中间走道可在看台板踢面上开小窗洞的办法使房间及走道能自然通风，也可辅以人工通风。

4. 为了防止看台板面过热，而房间室温过高，宜做吊顶隔热和使房间空间完整。看台面应注意防水。

5. 中间走道宽度应 ≥ 2.40 米，最好环状贯通，雨天可供运动员跑步用。

五、体育场其他设计

（一）检录处

主要为裁判员在赛前对运动员点名、整队和检查，以及赛后登记成绩的场所。一般布置在练习场地与比赛场之间的



出入口处。检录处布置如图 136 所示为国家奥林匹克中心医务及测试管理用房。图 137 所示为国家奥林匹克中心田径场检录大厅。

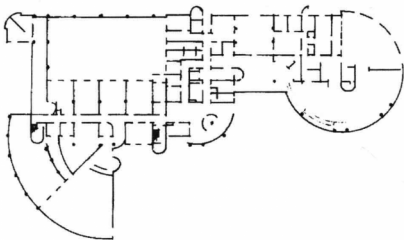
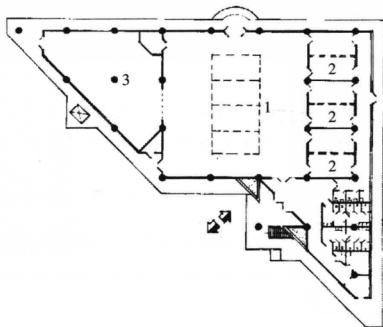


图 136 国家奥林匹克中心医务及测试管理用房



1. 检录大厅; 2. 检录室; 3. 器材室

图 137 国家奥林匹克中心田径场检录大厅



运动员经检录处至比赛场途中需与外界隔离。可设专用道或从地下通至体育场地两弯道与足球球门线的半圆形田径场内。

检录处通往比赛场地路线上的地面，应用塑胶或其他弹性材料铺设（临时性的可铺地毯）。检录处平时应考虑做其他运动练习场地，宜做成大空间，用活动隔断来分隔，使其有较大的灵活性。

（二）观众用房

由于体育场多是露天场地，看台上也可以吸烟，观众入场等候多在场外，入场时间多在开赛前半小时左右，因此观众休息厅实际上只是观众如厕或购物的走廊。

观众用房对体育场来说只有通过式休息廊、卫生间、小卖部三个部分，一般设在看台下部观众出入口之间，如图 138 所示。

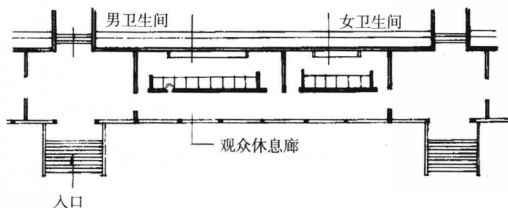


图 138 观众休息厅

卫生间蹲位尺寸由于观众生活水平和习惯不同，应设有残疾人洗手间及普通洗手间。便器一般用定时冲水的蹲式便器，



设小便斗或小便槽。前室应设洗手盆、污水池、壁镜等。

(三) 运动员用房

运动员用房有运动员休息室、卫生间、更衣室、按摩室、医务室等。除医务室外的上述房间需设两套，参赛队各一套。

运动员休息室主要是供足球队员使用，在其附近应有一套临时医疗室和按摩室。这些房间一般都布置在看台下部底层，靠近运动员出入比赛场口，而两套房间应各在一个出入口附近，如足球有连场比赛，需设 4 套休息室，每套供 20~25 人使用。大型运动会按田径运动 100 人左右参赛来设置运动员用房。

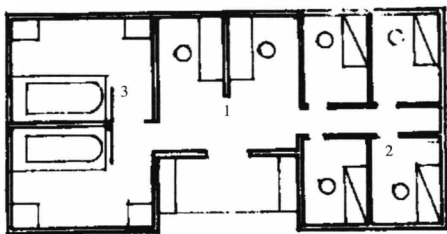
(四) 裁判员室

裁判员室应有单独的休息室，供裁判员休息、更衣、开会使用，室内应设卫生间。大型重要比赛还应设总裁判室，其位置应与运动员出入口保持一定距离并与之隔离。

(五) 按摩室

通常设有两种按摩，一是人工按摩，是医师或教练员根据运动员情况在赛前或赛后以及赛中（受伤）进行按摩。二是训练或保健性机械水浴按摩或器械理疗按摩。人工按摩设备简单，房间长度 ≥ 2 米、宽 ≥ 1.50 米即可。而水浴及机械按摩间宜稍大，一般为 2.40 米 \times 2 米为宜，其布置如图 139 所示。

体育场除在运动员休息室设按摩床外，还应另设 5~10 个床位的按摩间 1~2 套，供举行运动会用。



1. 医检室；2. 人工按摩室；3. 机械或水浴按摩

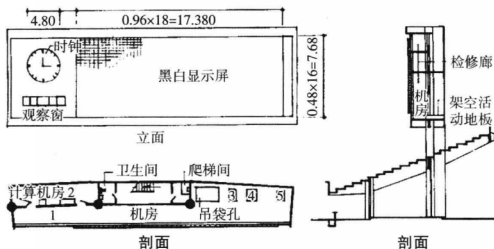
图 139 按摩室布置

(六) 计时记分

正规比赛采用人工计时、记分与全自动计时、记分相结合的方式以免失误。田径径赛人工计时是在终点延长线上距跑道约 5 米的计时裁判台上记录。

全自动记时采用终点摄影的办法，从发令枪声传至摄像点，录像判读仪判定运动员的成绩和名次，通过计分牌显示出来。摄像机至少有两台，在不同方位同时摄像，精确度为 $1/100$ 秒。

计时、记分牌有固定与活动两种。大型固定式计时记分牌，一般设 1~2 块黑色或彩色屏幕显示足球比分。径赛显示 8 条道上运动员的成绩和名次，以及文字、图像、闭路电视比赛实况等；活动式计时记分牌主要用于各个田赛运动场地上，其布局见图 140。



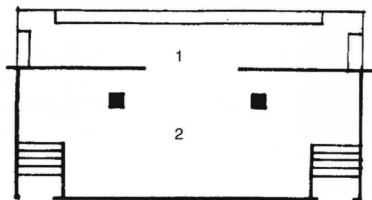
1. 钟控柜; 2. 控制台; 3. 分线柜; 4. 变压器; 5. 开关柜

图 140 固定大型电子计时记分牌示例

(七) 灯光及消防控制室

1. 灯光控制室

应能看到比赛场地、主席台和比赛场地上空的全部灯具。体育场足球比赛目前一般都在晚上进行，宜设在主席台附近，如图 141 所示。



1. 裁判员分席; 2. 分线灯光控制室

图 141 灯光控制室位置示例

2. 消防控制室

位置应与比赛场地内外联系方便,有直通室外的安全出入口。

思考题

1. 体育场的设计原则是什么?
2. 说明体育场各种场地规格设计的要求。
3. 体育场看台以西向看台为主的原因是什么?
4. 影响看台视觉效果的因素有哪些?
5. 简要说明看台疏散路线的类型及优缺点。
6. 看台的结构形式有哪几种?

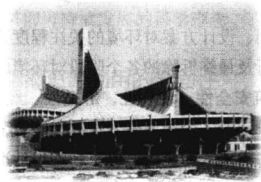


第五章 生态化体育建筑

我国体育场馆的建设自新中国成立后有了长足的发展,2001年申奥成功更是为我国体育建筑的发展提供了有利的契机。体育建筑也离不开可持续发展的总目标,其内部空间巨大,功能复杂,设备密集,如果在节能技术策略上出现误差就可能成为“能耗大户”,造成巨大浪费。因此必须重视这类大空间建筑能耗的研究。

我国体育建筑设计在结构造型、功能和技术等方面积累了丰富的经验,取得了令人瞩目的成果,这些成果为我国体育建筑设计体系奠定了坚实基础。但是,在体育建筑设计理念、生态化技术措施等方面还有进一步完善的必要性。

本章着重从生态化体育场馆的设计原则与基本策略、体育建筑自然通风、体育建筑自然采光和室外环境设计几个方面,简要阐述生态化体育建筑的设计原则和基本方法。





第一节 生态化体育场馆 设计原则与基本策略

“生态化体育建筑体系，主要是指人工建筑环境及其所在的自然生态环境和社会经济环境之间相互作用、相互协调所产生的一个相对稳定的系统，是生物圈中能量和物质循环的一个功能单位，是自然环境与人文环境之间构成的一个整体”。

与传统体育建筑体系相比，生态化体育建筑体系的本质区别在于，“它不再局限于建造业以往超越生物圈的时空限制，孤立地考虑自身系统随心所欲的发展，而是建立在发展与环境相互协调的基础上，以生态系统（自然与人文）的良性循环为基本原则，建立在自然环境允许的负荷范围内，综合考虑决策、设计、施工、使用、管理的全过程，在一定的区域范围内结合环境、资源、经济和社会发展状况而建立起来的营建系统”。

一、设计原则

建筑的规划、设计方案对环境的关注程度直接影响了建筑物在施工、运行及最终拆除的各个阶段对环境的影响，因此有必要在保证建筑安全性、便利性、舒适性、经济性的基础上，在建筑规划、设计的各个环节引入资源、能源节约和环境保护理念，这种理念的引入为建筑提供了新的设计准则和方法。美



国国家公园出版社 1993 年出版的《可持续设计指导原则》(Guiding Principles of Sustainable Design) 一书, 提出了可持续建筑设计的 9 个原则。归纳起来, 绿色建筑原则和方法主要包括以下几个方面:

(1) 建筑与自然共生, 尊重当地生态系统。

(2) 应用减轻环境负荷的建筑节能新技术, 体现环保意识。

(3) 尽可能使用可更新的地方建筑材料。

(4) 坚持“少用即为节约”, 完善建筑空间使用的灵活性, 以便减少体量, 将建设及运行所需的资源降至最少。

(5) 减少建设过程中对环境的损害。

(6) 创造健康、舒适的室内环境。

(7) 以人为本, 考虑进行无障碍设计。

这些原则包含了生态化体育建筑设计原则的主要方面, 具有积极的参考价值。

二、基本策略

以传统体育建筑设计体系为基础, 吸收“生态化建筑”设计思想中的合理成分, 对自然资源和能源利用、材料的可重复使用、环境设计的理性、设计呼应气候、功能可持续等方面进行特别关注, 以贯彻可持续发展的科学理念。

(一) 注重自然资源利用的全面性

自然资源, 主要包含土地、空气、水、能源、资源、食物等内容。其中, 又以能源问题最为突出, 它是生态化体育建筑



的核心问题之一。

能源设计不同于节能设计。能源设计需要突出系统化、定量化和层次性，而不是仅采用孤立的技术手段。在通风设计、自然采光等技术方面，都牵涉能源问题。但是，由于体育建筑自身的特殊性，体育建筑的能源设计与小型空间的能源设计手法不同，甚至与航空港、影剧院等大空间建筑类型的能源设计也有显著区别。

体育建筑室内环境的标准更明确、更严格，实现的手段也更复杂。以游泳和跳水馆为例，通常的设计方案是将跳水和游泳两个部分合并在一个大空间内，如国家游泳馆“水立方”、清华大学游泳馆、深圳游泳馆等建筑。但是，在国际比赛中，跳水和游泳对环境条件的要求是不同的，游泳比赛需要 26°C 的恒定水温和室内气温；跳水比赛需要 28°C 的水温和室内气温，两者在一个大空间内部，如何实现“气温”的不同，又怎么控制热量的流动呢？

相对于影剧院等采用混凝土材料的建筑，由于体育建筑屋面材料通常采用金属屋面、薄膜屋面等轻质屋面，室内热稳定性波动大，因此难以实施有效控制。能源设计需要强调系统化，应当在整体能源工艺设计的基础上，全面地理解具体的建筑节能措施。自然采光可以成为自然通风的动力，自然通风又可以带走自然采光带来的多余热量。

联系的、整体的理解此类问题，研究如何运用建筑语言优化这样的正面作用，并加以形式表现，才是系统化能源设计观念的正确表现。除了观念，实施能源设计的技术手段也很重要。由于研究对象没有直观性，而且能源设计需要进行定量模拟，因此能源设计需要借助高科技手段加以实现。

目前，美国研发了许多计算机软件，以供在生态化建筑设



计和实践中各阶段可持续发展的量化设计中使用。例如,用 GIS 对地形、土壤、植被、水文、通风及交通等进行叠加分析,进行量化选址设计;动态能源数码模型 Energy Scheming, DOE 可以实现能耗计算与建筑设计的实施互动等。

(二) 注重建筑材料的生态性

从建筑材料与自然环境的相互关系看,木材和钢材与混凝土相比具有更好的生态性特征。木材可降解,无污染,钢材可重复循环利用。

钢材和木材在体育建筑设计中被大量使用。例如,1994 年挪威哈默尔(Hamar)冬奥会奥林匹克体育馆(图 142),其内部承重结构采用木材建造,所有层叠木材达到 2000 立方米。日本大馆树海体育馆等建筑,都采用了木结构体系。新型木结构完全可满足体育建筑大跨度的需求,但另一方面,从保护森林的角度看,木材的使用应当谨慎。



图 142 挪威哈默尔冬奥会奥林匹克体育馆



建筑中钢材的大量使用，尤其是钢结构形式和节点构造处理，已经成为体育建筑造型的主要手段。2000 年悉尼奥运会国家体育场（图 143）、2004 年雅典奥运会主体育场（图 144）、北京奥运会“鸟巢”（图 145）等实例不胜枚举。

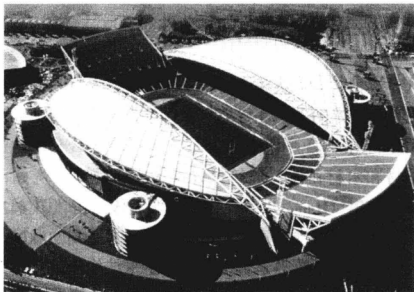


图 143 悉尼奥运会国家体育场

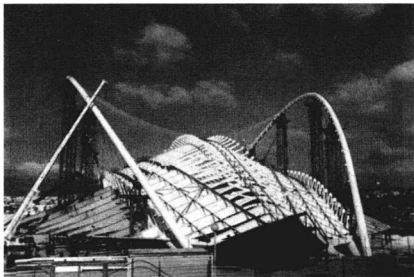


图 144 雅典奥运会主体育场



图 145 北京奥运会“鸟巢”

(三) 注重自然环境设计的“理性”

气候、地貌、水域、山体、植被都隶属于自然环境的整体范畴。对待自然环境，应当采取“创造”和“利用”相结合的态度。合理“利用”自然环境因素，如强化自然采光、自然通风在体育建筑设计中的利用，可以减少对环境的负担，也体现了“道法自然”的精神。积极“创造”或者“改造”自然环境，如设置生态水面、树阵停车场、微地形利用等，不但有利于体育建筑本身，而且还提升了自然环境的综合品质。

自然环境设计，不但应当包含通常意义的环境绿化、美化，还应当最大化地综合利用自然的“风”“光”“水”“土”等可再生资源，以创造并达到节能和环保的建筑周边微观环境的目标。



(四) 注重建筑形式对气候的呼应性

人工环境包括建筑物、基础设施、景观等方面。作为社会整体环境中的组成部分,体育建筑的人工环境设计,应当注重营造良好的、以体育建筑为中心的城市公共活动场所——体育公园、市民体育广场等,而不仅仅是建造一栋建筑。它对我国现阶段体育设施的状况、室外空间容纳体育锻炼的能力,以及投入少、见效快、效益高具有现实意义。

生态化体育建筑设计也需要探讨呼应气候的设计方法。生物气候的地方主义设计理论,就是将气候因素作为设计的原点,在设计过程中始终贯彻尊重自然环境的原则,对绿色体育建筑的设计方法具有借鉴意义。

“生物气候学设计理论的一个重要主张是,提倡在设计中尽可能运用低能耗的被动式技术,与当地气候气象数据相结合,尽量利用气候中的有益要素,从而在降低传统能耗的同时,提高舒适环境质量”。

(五) 注重功能的可持续性

大型体育场馆平时使用率较低,经济效益和社会效益不高,多数成为社会的负担。提高体育建筑的综合使用效率是设计的重中之重。

1. 大型体育场馆功能复合化是实施可持续战略的重要保证

在可持续思想指导下,奥运场馆建设的最大问题是如何在满足奥运比赛需要的前提下,顾及到今后的平日使用,让付出



的巨大投资能发挥出应有的作用,实现体育建筑功能的可持续利用。例如,国家奥林匹克中心与国际展览中心合建在一起,利用5座展馆兼做奥运比赛场馆(乒乓球、击剑、现代五项的击剑和射击、摔跤、羽毛球)。五棵松体育中心的棒球场和垒球场定为临时性建筑,会后拆除。国家体育场、体育馆、游泳中心,以及五棵松体育馆等这些永久性场馆则要求平赛结合,既能为体育竞技服务,也能为全民健身娱乐服务,以提高使用率和综合效益。

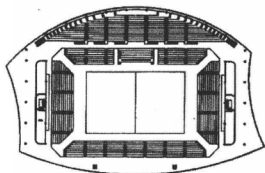
日常锻炼型体育建筑更应当提高场馆的利用率。场馆的多功能,首先表现在对比赛厅大空间的利用程度上。在深圳大学城体育馆的设计中,体育比赛、文艺演出、集会等活动都被综合考虑,场地也可以灵活地进行田径、篮球、排球、羽毛球等多种体育活动,为功能的可持续发展奠定了基础(图146)。

2. 以空间的灵活多变应对功能复合化趋势

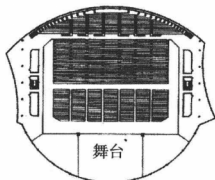
在功能复合化条件下,体育建筑室内空间的布局需要进行“弹性”设计,即场地可大可小、座席可增可减、舞台可有可无、围护结构可开可合。

这种弹性设计主要体现在以下三个方面:

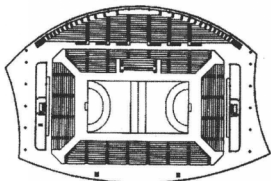
第一,是场地的可伸缩、可更替性。其主要措施是设置活动看台。活动看台是指场内可伸展和收叠的台阶式看台。活动看台的每阶座椅都可叠成一个整体,节约大量空间,是现代化体育馆不可或缺的机动设备。活动舞台是场内可灵活拆拼的组合式平台,由地下升起或收在看台下。原广司设计的位于日本札幌的天穹体育场(图147),是采用机械系统实现座席可更替的典型代表。由于应用了可移动的看台系统和场地移动系统,实现了场馆空间的弹性设计,提高了体育馆的利用率。



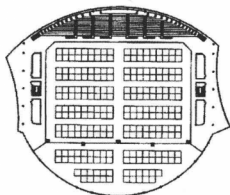
体育馆体操比赛：3620 席



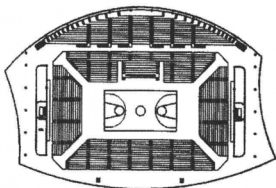
体育馆会议、文艺演出：5918 席



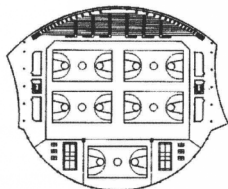
体育馆手球比赛：4120 席



体育馆展览：238 个展位



体育馆篮排球比赛：4688 席



体育馆上课、训练：5 块
篮球场+2 块羽毛球
场+6 块乒乓球场地

图 146 深圳大学城体育馆多功能布置方案

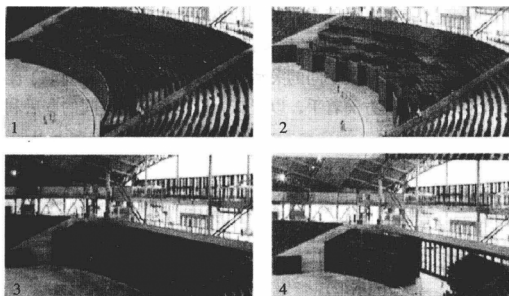


图 147 天穹体育场（日本札幌）活动座席变化过程

此外，比赛场地的平面尺度要防止过大。增大场地尺度是容纳更多体育项目的有效手段，但是，场地规模过大也存在很多问题，如空余面积不利于使用、场地内活动看台的视线问题等。当观看小场地体育比赛时，由于四周空旷面积过大，运动员不能够集中注意力，观众也不易达到共鸣，缺乏激烈的观演气氛。所以，场地尺度宜保持适中，不宜过大。

第二，是座席的可增减性。竞技型体育建筑座席数量大，占用面积多，在非比赛时间多处于闲置状态。对奥运场馆，赛后应适当减少座席数量，可以避免对资源的浪费。悉尼奥运会主体育场、加拿大冬奥会开幕式用的卡尔加里大学体育场，以及韩日世界杯足球赛使用的一部分体育场都有一些临时座席，一般放在体育场两端，会后拆掉，避免了大量座席长期闲置造成的浪费。此外，弹性设计也表现在室内空间的可扩展性上。

第三，建筑界面的改造。建筑界面的改造可减少不必要的空间，有利于场馆日常维护费用的降低。例如，慕尼黑奥运公



·园游泳馆，在奥运会后拆掉了 1 万个临时座席，比赛厅空间也随之缩小，形成 5000 人的规模适中的常设游泳馆。

总之，体育建筑空间的灵活性设计，可以从比赛场地、座席、空间界面等方面着手，以提高大型体育场馆空间的赛后利用率。

第二节 体育建筑自然通风

一、概 述

随着体育产业化的加快，体育建筑的功能复合化趋势日益明显，竞技体育和大众健身并重、平赛结合等原则已成为共识。这些需求的变化对“自然通风”提出了新的要求，需要针对不同的使用性质，采取不同的自然通风控制措施。

（一）自然通风的意义

向往自然是人类的本性，体育运动更推崇一种自然的生活状态。减少对空调设备的依赖，营造自然宜人的健康环境，是体育建筑自然通风的目标所在。

自然通风具有以下积极的现实意义：

其一，从室内环境质量的角度考虑，自然通风可以调节室内温度、带走多余热量、提供新鲜的自然空气，保持适宜的湿度，从而提高室内舒适度，而且对人的生理和心理健康具有空调不可替代的优点。

其二，从节约能源角度考虑，自然通风具有明显的节能效



果,可以有效降低空调系统的负荷。

(二) 体育建筑通风的特殊性

传统通风方案存在一些不足,主要表现在以下几个方面,即在物理概念上考虑通风,但没有考虑气体本身的健康因素;没有采取自然手段,节省自然通风过程中的能源;对自然风的人工控制不足等。这些问题为体育建筑自然通风设计提供了新的现实课题。

对于进深较小的建筑,通常可以利用建筑朝向、门窗位置和数量等常规设计手段,实现良好的自然通风。对于进深大、体积大的公共建筑,做到自然通风,就需要从建筑物理的原理出发,综合地进行建筑空间处理、构造处理,甚至还要从促进通风效果的目的出发,对建筑周边小环境进行优化设计。

体育建筑通风问题具有一定的特殊性:

第一,体育比赛对室内风环境有严格的要求,而自然通风不稳定、难于有效控制,所以通常采用机械通风方式满足比赛要求。一般而言,在体育建筑设计强调功能复合性的趋势下,体育场馆不但具有篮、排球等大球比赛的功能,还具有羽毛球、乒乓球等小球比赛功能。大球项目对风环境的要求相对宽松,而小球项目对气流的稳定性、速度等指标要求十分严格。比赛期间如果采用自然通风,甚至存在干扰比赛正常进行的可能性,体育建筑设计中应当慎重采用自然通风。

第二,群众性日常锻炼已经成为体育场馆综合利用的重要方式,对室内风环境的要求也相对较低,从降低场馆日常运营成本、提高室内舒适度等方面考虑,体育建筑又需要加大对自然通风的利用程度。竞技体育要慎重采用自然通风,



日常锻炼要强化自然通风，这构成了体育建筑应用自然通风的难点。

可见，体育建筑本身的特点决定了不可能完全采用自然通风，比赛性空间主要应当采用机械通风措施，以保证比赛的正常进行。但建筑师不能因此放弃自然通风，而应当积极地应用热压和风压作用的基本原理，探索自然通风在体育建筑中的应用方式，实现比赛要求与锻炼需求的协调。

二、基本策略

针对体育建筑通风的特殊性，提出以下策略，即区分不同使用性质，赛时不采用自然通风，锻炼时强化自然通风。采取灵活高效的控制手段，实现两种模式的灵活“切换”。

（一）区分性质

首先应当区分使用性质，采取不同的通风策略。

1. 竞技性体育建筑必须采用机械通风设备，因此，设计的重点是采用“生态化设计技术”，对机械通风进行优化。例如，应用自然空调原理，增加机械通风的“生态化”环节；应用能量回收技术，节省采暖能耗等策略。同时，考虑平时锻炼需要，也应当进行自然通风设计。

2. 锻炼型体育建筑应当首先考虑采取“自然风为主、机械通风为辅”的基本策略，以降低运营成本、提高场馆综合效益。形式上，可以采取扩大通风口面积、优化通风路径等手段。



（二）区分昼夜

应当区分昼、夜两种状态，对体育建筑自然通风采取不同策略。

以往的体育建筑通风设计只考虑比赛阶段、锻炼阶段的自然风利用，却忽视了非使用时间段自然通风的作用。

例如，夏季夜间可以实施“通风蓄冷”的策略，采取措施扩大自然通风流量，设置能量储存媒介，带走体育建筑内部的热量，同时降低建筑整体温度，积蓄“冷量”，延缓白天室内温度上升速度，从而降低能源消耗。

分不同使用性质、不同时间段，细化设计，有利于自然通风的实施。

三、基本方法

（一）竞技比赛时间段——机械通风，增加“绿色”环节

竞技体育设施具有“比赛为主”“一主多辅”的功能特征，体育设施必须满足相关各种体育项目严格的国际性技术标准，是体育场馆通风设计的重点和难点。对自然通风的要求，主要是在满足竞技性比赛的前提下，本着尽可能地减少通风系统的负荷原则进行设计。对自然通风的控制，主要通过通过对关键界面的控制得以实现。体育设施外部环境的状况，对自然风的影响最为显著。



(二) 体育锻炼时间段——自然通风为主

与竞技性体育建筑相比较,锻炼型体育建筑设计主要是以群众日常锻炼为出发点,以社会效益、设施普及为主要目的。当前,主要以国家投资及财政补贴为主,具有公益性质的特征。

日本札幌体育馆的穹顶(图 148),其穹隆状屋顶形状是通过计算机及实物模型风洞试验而确定的。屋面被设计成可防屋面积雪、减少风力影响并适应棒球飞行轨迹的抛物曲面造型。冬季,主导风被流线型穹顶引走,从而减少了寒气对室内环境的不利影响和供暖能耗。而开口朝向夏季主导风向,在夏季或其他温暖的季节,温暖的自然风通过 90 米长的开口进入室内。穹顶的结构和室内空间形状也强化了自然通风,从而大大减少了室内的机械通风需求和空调能耗。



图 148 日本札幌体育馆



传统体育馆的“自然通风”，主要策略是在看台上部设置高侧窗，在屋顶设置天窗，以形成风压、热压作用下的气流自然流动。春秋两季，利用建筑体型对自然风进行组织，开口尺寸应当足够大，以保证足够的风量和风速。例如，将建筑的长轴方向与夏季主导风向垂直，就可以获得更高效的风压通风效果。同时，空气流动应当经过人员活动区域，以提高通风效果。在风压通风的同时，应当考虑空气被自然加热后形成的热空气上升，还要注意防止寒冷季节的漏风和空气渗透。

利用以上策略，合理组织自然通风，按照需要进行风向、强弱等细节的调整，就需要更加有效的机械控制手段。

生态化体育建筑对自然通风的利用体现在三个方面，一是体育比赛时间段运用自然空调原理对机械通风进行“提前干预”，优化节能措施；二是体育锻炼时间段，不但要强调加强对自然风的利用，也应当强调对自然风的控制，从适宜技术角度出发，简单的机械控制手段应当引起重视，提高自然通风综合效果的界面控制措施；三是夏季夜间非使用时间段，应用自然通风制冷进行“冷量”储存，以减少白天空调的负荷。

除此之外，不能孤立地看待通风问题，应当从能源的层面进行认识，变“被动适应”风环境，为“主动改造”风环境，积极利用微观环境中的坡地、树林、水面、建筑布局因素，对自然风积极进行提前干预，提高建筑节能和环境质量。总之，自然通风的设计需要以基本原理为出发点，在不降低室内舒适度的前提下，最大化地利用可再生自然资源作为解决问题的主要手段，尽量减少对城市供暖系统、电力系统的依赖程度，实现体育建筑的自然通风。



第三节 体育建筑自然采光

自然光的利用问题，在“节约能源”“以人为本”理念的广泛传播下，逐渐被人们重视。自然光可以代替人工照明，从而节省建筑的电能消耗；自然光可以提高环境的温度，从而节省热能消耗；自然光可以杀灭环境中的多种病菌，从而提高环境的安全和卫生；自然光可以提高环境的舒适度，从而有利于人的生理和心理健康。

一、自然光的利用途径

建筑领域自然光的利用途径主要包括两个方面，第一，自然采光，节约人工照明用电能耗，主要表现在采用合理的采光形式和遮阳控制；第二，自然得热，减少采暖负荷，主要表现在应用太阳能技术。

太阳能技术是生态化体育建筑技术的重要成果，对提高体育建筑的节能具有重要作用。自然采光的设计内容，主要包括照度、均匀度和眩光控制三个方面。照度的作用最为基本，比赛厅内有足够的照度是满足各种活动正常进行、塑造良好光环境的主要因素。均匀度是用来揭示比赛厅内照度分布情况的物理量，是衡量室内光环境效果的又一标准。眩光是由于视野范围内出现过高的亮度，或过大的亮度对比而形成，令人感到刺眼并影响视度。



二、自然光利用的特殊性

自然界是一个变化的世界，四季更替，昼夜轮回，自然光在一年的不同季节、一天的不同时段，其强度都存在很大差异，如果再受到云和风的影响，其变化更加频繁。

体育建筑自然采光设计，需要综合使用功能、建筑造型、经济因素等各方面的需求，针对不同气候、不同体育建筑类别，采取不同的自然采光设计。

频繁的变化以及巨大的变动幅度，为自然光在体育建筑中的应用，带来困难，主要原因是对于特定的竞赛项目，环境照明有严格的标准，自然光则变化频繁，难以保证比赛的正常进行。而且，竞技性体育设施的核心空间是比赛厅，保证比赛的质量和电视转播的画面效果是照明设计的重点。大多国际比赛的电视转播，为控制色温和环境色彩，对自然光都有明确的限制，有些项目正式的国际比赛甚至要求不允许存在自然光。

以上因素决定了自然采光很难满足竞技体育的需求。

日常锻炼和休闲需要强化自然采光。日常锻炼型的中小型空间，核心问题是降低日常维护费用、提高舒适程度。可以尝试应用简单的可开合屋面、墙面技术，结合挑檐、格栅等遮阳措施，以实现自然采光过程中的自然得热，以节约能源。

娱乐性体育建筑的核心问题是提高自然采光的舒适性和自然性，使人们可以在不同季节享受模拟户外运动的愉悦。区分不同体育建筑自然采光的特点，有利于形成具体的应对策略。



三、自然采光设计基本策略

采用灵活可变的机械控制措施,以实现赛时遮挡与赛后利用的不同功能需求;结合建筑节能,采用大面积均匀透光材料;采取多层次构造,优先采用反射光、漫射光进行天然采光;积极探索自然采光过程中的热效应利用形式。

四、自然采光常见形式

(一) 自然采光结合建筑造型

体育建筑应遵循自然采光与建筑造型相结合的原则进行设计。例如,大连理工大学体育馆采用两个曲面进行组合,建筑造型简捷流畅。主体空间和附属空间的屋面高低错落,大面积玻璃窗自然形成围合关系,更加突出了屋面造型的特征。自然采光通过大面积玻璃窗得以实现,自然采光与建筑造型和谐统一(图 149)。

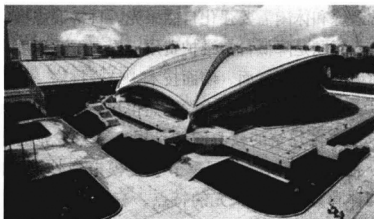


图 149 大连理工大学体育馆



屋面造型是体育建筑设计的一种重要手段,凭借屋面不同体块的高低错落、平面滑移、空间扭转等手法塑造建筑,形成更加自由、个性的建筑造型。采光带在体块连接部位自然形成,其平面呈“Y”字形、“X”字形等形式。

(二) 自然采光结合建筑结构

在体育建筑设计中,屋面结构形式具有十分突出的作用。自然采光形式结合建筑结构形式设计,在一些体育建筑中也有所表现。

西安建筑科技大学体育训练馆为轻钢拱型结构,结合拱型钢架和屋顶间隔设置玻璃采光带,既满足了室内采光的需要,又能形成韵律的采光效果(图150)。



图 150 西安建筑科技大学体育训练馆内景



(三) 自然采光结合空间氛围

体育建筑室内空间环境的营造,有时需要与室外环境相结合。日本东京辰巳体育馆利用北侧墙面,设置了大面积玻璃幕墙,直接面对室外水面,景观效果和采光需求和谐统一(图151)。游泳馆充足的采光面积,保证了适宜的照度,同时,由于没有太阳直射光线的干扰,眩光问题也得以避免。

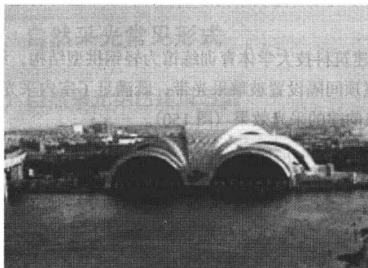


图 151 日本东京辰巳体育馆

五、自然光热效应利用

除了应用自然采光节省照明能耗外,自然光线热效应的利用,具有广阔的前景。

在生态节能设计不断深化的背景下,建筑构件与光电、光热设备的融合不断强化,使传统的建筑构件呈现新的形态



和功能。

目前,我国太阳能利用的主要形式是独立式的太阳能热水器,而发展方向应当是太阳能装置与建筑的全面一体化设计,即太阳能装置成为屋面和墙体的有机组成部分,充当屋面瓦、饰面板及遮阳格栅等建筑构件的角色。

自然采光与能源设计,一种是利用温室效应,自然获得热能;另一种主要依靠太阳能转化装置,将光能转化为热能和电能。

(一) 温室效应

利用温室效应,自然采光更多的意义在于可以获得热量,保证使用的可持续性,而不仅仅局限于代替照明。温室效应自然得热,需要热惰性体储存热能。通常,土壤、水体、结构实体都可以充当蓄热单元,如果应用热变相材料,效果更佳。太阳能的转化与建筑采光形式关系不大。利用建筑受光面设置的太阳能板,普遍适用于各种建筑形式。

(二) “微气候外壳”

就建筑形式而言,生态化建筑推崇各种“能量过渡空间”“气候缓冲层”“微气候外壳”,以及“特朗伯墙”(图 152)等。这些理念的共同之处,就是在主体空间之外,构筑一个过渡性质的“气候过滤空间”,以综合控制主体建筑与自然环境之间能量的交流过程。

大型体育建筑中的观众厅就具有成为“微气候外壳”的有利条件。

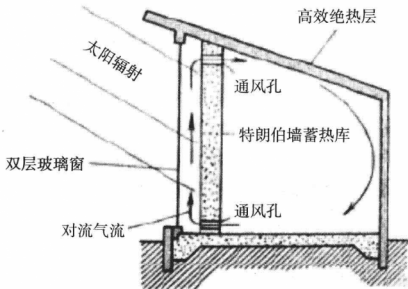


图 152 特朗伯墙工作原理

从基本原型分析，其设计要素主要是可以灵活地直接采光与控光，具备能量储存能力和气流控制手段。

观众厅直接对外采光，在外挂遮阳格栅、内置遮阳卷帘等设施辅助下，具备采光与控光的能力；观众厅的地面、内侧墙体、吊顶都可以构成能量的储存装置；强制式的机械风扇也易于实现。观众厅自然得热，将热量输送入比赛厅内，观众厅构成比赛厅的“能量外衣”，对建筑节能具有实际意义。

第四节 室外环境设计原则

一、室外环境设计概述

体育建筑室外环境的设计，需要考虑以下两个方面：

第一，以烘托体育建筑的艺术形象，创造宜人的城市公共



场所,为使用者提供适宜的户外活动空间为目的。设计中应采用绿地、广场、水面等设计要素,为构筑和美化环境服务。

第二,以改善小区域气候,促进周围生态环境良性循环,创造有利于体育建筑低能耗并实现室内环境的健康舒适要求为目的。光、风、水面、绿色植物等自然资源要素,为创造环境的物理质量服务。

根据环境的范围差异,以下分别从城市环境、周边环境和建筑环境进行讨论,分别研究体育建筑与城市、体育建筑整体与周边区域环境、体育建筑单体与室外环境三个层面的关系。

二、呼应城市环境

从呼应城市环境出发的体育建筑室外环境设计,其目的不是以单纯的强调个体单元为目标,而是把城市环境视为整体。

体育建筑所处城市区域的位置、场地大小、设施配置、项目选择对城市社会环境的影响十分显著,是整体环境设计的重要内容。绿化面积、植物群落分布、水系统设置、微地形状况等对城市整体生态环境的影响十分突出,而且直接影响建筑单体设计。

北京奥林匹克公园,运用构筑奥运公园的手法,营造整体环境,在此基础上,将建筑散落于自然环境之中,已经被证明是可行的(图 153)。能否创造新的形式,实现环境的“绿色”和文化遗产,体现绿色形式的文化意境,北京奥运公园的规划就是一个典型的范例。

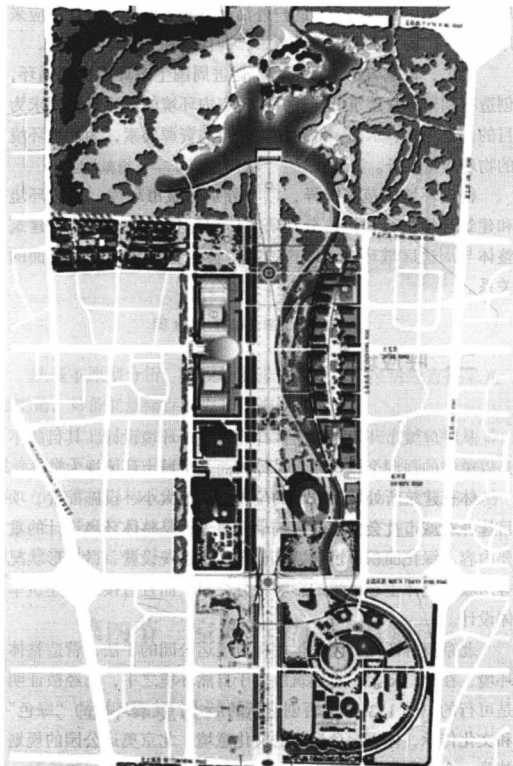


图 153 北京奥林匹克公园规划图



规划中,主要建筑群参照城市的轴线进行布局。森林公园位于奥林匹克公园中心地带的北部,面积庞大,是调节城市整体生态环境的“城市之肺”,也是一个体现中国几千年传统文化的理想殿堂。建筑群由于受到功能、交通等方面的限制,因此靠南侧布置,而不是像德国慕尼黑奥林匹克体育公园和日本福冈东平尾体育公园那样,建筑散落于森林公园之内。

规划采用“森林公园向南部延伸”的基本理念,将良好的生态环境延伸至建筑组团周边,形成了整体性更强的绿色环境。在规划手法方面,一条“龙”形水系从奥林匹克公园由南向北延伸,在大面积连续绿地、树林的配合下,构成了良好的自然环境,为体育场馆的后期建设奠定了基础。连续的绿色空间,保持了建筑周边自然环境与北部森林公园的联系,避免了生态系统在空间上的断裂。

规划的另一个可贵之处,在于对北京城市历史文脉的传承和发展。文化轴线向北延伸,作为故宫皇家轴线的终点,“历史的轴线最终消失于自然之中”,在意念上体现了文化内涵,在形式上达到了形式美与生态环境美的有机结合,表达了中国文化与奥林匹克精神的历史性相遇。

生态的、绿色的、文化的成为该规划方案的重要特征。自然生态环境优越的整体规划,为后期单体设计提供了较好的基础。

综上所述,宏观层面室外环境设计的成功,会为后继建筑设计创造良好的条件。本着尊重生态环境、不破坏自然景观、顺其自然的设计原则,将体育建筑与城市公园或城市绿地相结合,被证明是进行宏观层面的室外环境设计的成功经验。



三、呼应周边环境

从呼应周边环境出发的城市空间环境整体设计观念，要求体育建筑群布局充分考虑区域自然环境的现状，在处理好各功能单元的相互关系的基础上，力求体育场馆的整体自然环境与周边区域形成良好的生态关系。

在设计中，是更多的表现建筑，还是更多的尊重区域环境，在这一问题上，德国柏林的奥林匹克赛车场、游泳池，以及北京五棵松体育中心等体育建筑，都采用了尊重区域环境的设计。

五棵松文化体育中心是 2008 年奥运场馆总体布局中城市西部的重要节点（图 154）。用地周边都是典型的城市空间——西侧是城市四环路干道，东侧和北侧为已建成的社区，南侧紧邻长安街西延线的复兴路。从生态环境角度分析，只有南侧的道路绿化可以为环境设计提供有限的支持，而西侧高速路的污染问题，是环境设计的难点。

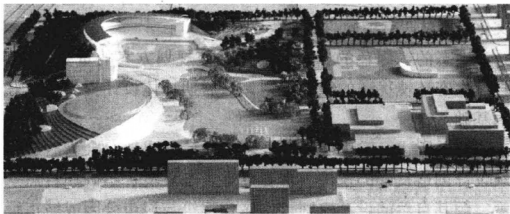


图 154 美国 SASAKI 设计的五棵松文化体育中心规划图模型



美国 SASAKI 设计有限责任公司的设计方案突出了“城市公园”的设计概念。作为对“绿色奥运”的响应，方案突出了通过体育设施的建造，形成一个体育活动“城市公园”的设计理念，在奥运前后，这个公园都将是活动的中心所在。考虑到复兴路的特殊地位，公园的主要开放空间朝向南边。

方案设计考虑了不利因素的改造。公园的主要特征是一个人工湖，它将来访者吸引到新的公共空间的中心。开挖人工湖所产生的土壤，用来沿四环路形成两个山丘。山丘覆以植被，可以起到屏保的作用，不但阻隔了来自四环路的噪声，还可以从某种程度上阻挡春天从西北方向吹来的风沙。同时，清凉的东南风从大面积的水面经过，发挥了水面的降温作用，降低了建筑能源负荷。

在环境基本策略条件下，篮球馆和棒球场就结合这两个山丘设计。体育场馆的建筑形式自然而成，屋顶为山丘坡形的自然延续。

它们融入山水之间，呼应了自然地形的连续起伏，挖池造湖；堆土成山。中国古代园林造景和城市建设的优秀经验被再次演绎，使得这个方案更暗合了中国文化韵味。

该方案对环境的理解不但是“利用”和“尊重”，更表现在积极地“创造”上，在营造体育建筑的同时，优化了地区自然生态环境；反之，优化了的自然环境又为体育建筑创作奠定了更加优越的设计条件，有利于建筑节能。

水面、绿色缓坡、树木等自然元素不但是美化环境的因子，还成为通过室外环境设计对建筑节能实施积极干预的生态手段，体现了“绿色奥运”的设计理念。



四、呼应建筑环境

呼应建筑环境的环境设计，立足于呼应周边环境设计形成的主要条件，运用覆土、下沉、内院等设计手法和树林、水面等自然环境因素。

体育建筑一般体量较大，在环境中往往显得十分突出。实践证明，采取适当下沉和屋面覆土的总体策略，有利于更有效地利用环境。

一般情况下，在建筑与外界的热交换中，通过传导方式的热工能耗占主要部分。建筑适当下沉，有相当部分的维护结构被自然实体（泥土、岩石等）包围，接触外界空气面积减少，即有效体型系数小，有利于减少能量损失。

另外，地温环境具有良好的稳定性，而且外界气候对地温的影响存在延迟效应。测试表明，由于延迟效应的影响，在地表以下6米深处的温度年波动，恰好与室外空气的年波动呈现大约180°的相位差，即室外气温最冷月份（1~2月）却是该地层温度的最高峰，而室外最热月份（7~8月）却是该地层温度的最低峰，而且地层越深，低温波动的幅度就越小。在地表以下2米时，还有10℃左右的年平均温差，但当深入地面以下8米深处时，在一年的周期里地层温度基本保持不变。换言之，冬季地温给建筑加热，夏季地温给建筑制冷。这就是地下建筑冬暖夏凉的原因。

建筑适当下沉，适合我国多变的大陆性气候，可以降低建筑的采暖和制冷能耗，在适当覆土的条件下，更有利于营造小区域的自然生态环境。



五、营造体育建筑室外小气候

在建筑单体的具体形式构思过程中，应当考虑如何优化环境设计，以实现建筑节能和提高建筑热舒适。绿色建筑在室外环境设计方面，已经积累了一些经验，常见的设计手法如生态水池、树阵停车场、树阵广场等。应当在周边环境的整体能源设计框架的基础上，认识不同自然资源的作用。

绿色植物具有典型的生态特征，是进行室外环境设计的重要因素，其利用形式，主要是生态停车场、生态树林等。

（一）树阵广场、“生态停车场”

体育建筑周边往往需要大量的室外空间，以进行人流集散和停车，这部分面积如果不加以合理的处理，仅仅采用硬质铺地就会造成微观环境状况的恶化，增加建筑的能耗负担，同时对人的舒适和健康也没有益处。

（二）生态林

首先，树林具有防风、防沙、降噪、防晒的作用，可以减小风速，阻挡冬季西北风对北侧入口的不利影响。树林除了可以保护建筑物不受强风的破坏之外，还可以减弱风速，防止缝隙风的侵入，减少建筑物表面的热损失。另外，林木还可以起到过滤空气的作用，空气中的悬浮物质可以得到清除，有害气体（如二氧化硫等）得到吸收，还可以增加空气中氧气和负离



子的含量，从而提高进入室内自然风的质量。

其次，树林对自然风的影响范围主要受树林高度、密度、植物搭配等因素的限制。对体育建筑而言，周边往往需要较大尺度的热身场地、集散广场、停车场和景观绿地等，树林与建筑之间距离较远，难以满足必需的控制条件，树林的防风效果需要深入研究。

体育建筑的室外环境，不但应当强化环境的绿化、美化、注意营造室外空间作为体育活动场所的自然条件，还应当最大化地综合利用自然的“风”“光”“水”“土”等自然资源，创造有利于节能和环保的建筑周边环境。

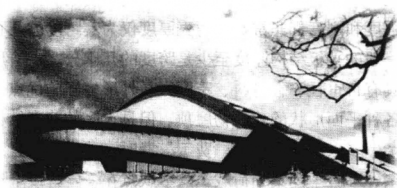
思考题

1. 简述生态化体育场馆的设计原则与基本策略。
2. 体育建筑自然通风的基本策略有哪些？
3. 体育建筑自然通风的基本方法有哪些？
4. 体育建筑自然采光常见形式有哪些？
5. 室外环境设计的原则是什么？
6. 营造体育建筑室外小气候的方法有哪些？



第六章 体育建筑大跨度空间结构

在现代体育建筑的发展史上，没有一种技术能够像大跨度空间结构技术这样对体育建筑产生如此巨大的促进。而体育建筑也为其提供了大量展示的舞台和实践的机会，最先进的大跨度空间结构技术往往首先运用于体育建筑。纵观体育建筑发展的历史，大跨度空间结构技术在体育建筑的发展中一直居于核心地位，根据其受力特点、形态以及材料等特点，大致可分为薄壳结构、平板网架结构、网壳结构、张拉结构和混合结构。





第一节 体育建筑薄壳结构

薄壳结构起源于穹顶建筑，从拱圈转变为壳体是 20 世纪上半叶的重要科技成就。薄壳结构的特点是其形式要适应规定的比例尺寸，具有荷载承载力而产生最小的弯曲，对施工工艺要求较高。壳体可以由预制的肋和带薄板的壳体单元或网格构件组合而成。在跨度较大的壳体中，为了减少拉裂和控制挠度一般会采用预应力技术。

一、薄壳结构特征

薄壳结构是用混凝土等刚性材料，以各种曲面形式构成的薄板结构，呈空间受力状态，主要承受曲面内的轴向力，而弯矩和扭矩很小，所以混凝土强度能得到充分利用。由于是空间结构，强度和刚度都非常好。薄壳厚度仅为其跨度的几百分之一，而一般的平板结构厚度至少是跨度的几十分之一。所以薄壳结构具有自重轻、省材料、跨度大、外形多样的优点，可用来覆盖各种平面形状的建筑物屋顶。但是大多数薄壳结构的型体较复杂，多采取现浇施工，费工、费时、费模板，且结构计算较复杂，不宜承受集中荷载，这些缺点在一定程度上影响了它的推广使用。



二、薄壳结构形式

薄壳结构形式很多，常用的有筒壳、圆顶壳、双曲扁壳、鞍形壳等四种。

（一）筒壳

筒壳由壳面、边梁、横隔构件三部分组成，如图 155a 所示。两横隔构件之间的距离 (L_1) 称为跨度，两边梁之间的距离为波长 (L_2)。当筒壳跨度与波长的比值不同时，其受力状态也不一样。当 L_1/L_2 大于 1 时称为长壳， L_1/L_2 小于 1 时为短壳。短壳比长壳的受力性能更好，这主要是横隔构件起的作用。横隔构件承受壳板和边梁传来的力，如果没有横隔构件，筒壳就不能形成空间结构。横隔构件可做成拱形梁、拱形桁架、拱形刚架等多种结构形式。

为了保证筒壳的强度和刚度，壳体的矢高应大于或等于 $L_1/15 \sim L_1/10$ 。筒壳为单曲薄壳，形状较简单，便于施工，是最常用的薄壳形式。

（二）圆顶壳

圆顶壳由壳面和支承环两部分组成，如图 155b 所示。支承环对壳面起箍的作用，主要内力为拉力。壳面径向受压，环向上部受压，下部为拉或压。由于支承环对壳面的约束作用，壳面边缘会产生局部弯矩，因此壳面在支承环附近应适当增



厚。圆顶壳可以支承在墙上、柱上、斜拱或斜柱上。由于圆顶壳具有很好的空间工作性能，很薄的圆顶可以覆盖很大的空间，可用于大型公共建筑，如天文馆、展览馆、体育馆、会堂等各种建筑。

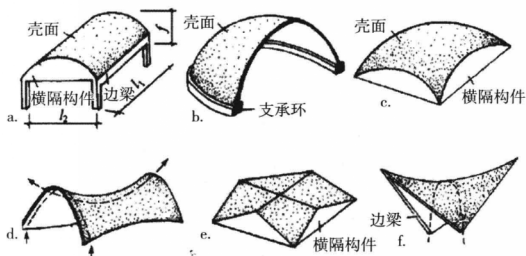
(三) 双曲扁壳

这种薄壳由双向弯曲的壳面和四边的横隔构件组成，如图 155c 所示。圆壳顶矢高与边长之比很小 ($f/e \leq 1/5$)，壳体呈扁平状，故称为双曲扁壳。壳体中间区域为轴向受压，弯矩出现在边缘，四角则有较大的拉力。

双曲扁壳受力合理，厚度薄，可覆盖较大的空间，较经济，适用于工业与民用建筑的各种大厅或车间。

(四) 双曲抛物面壳

双曲抛物面壳由壳面和边缘构件组成，外形特征犹如一组抛物线倒悬在两根拱起的抛物线之间，形如马鞍，故又称鞍形壳，如图 155d 所示。倒悬方向的曲面如同受拉的索网，向上拱起的曲面如同拱结构，拉压相互作用，提高了壳体的稳定性和刚度，使壳面可以做得很薄。如果从双曲抛物面壳上切取一部分，可以做成各种形式的扭壳，如图 155e、f 所示。



a. 筒形壳；b. 圆顶壳；c. 双曲扁壳；d. 鞍形壳；e. 扭壳；f. 扭壳

图 155 薄壳结构形式

三、薄壳结构在体育建筑中的运用

在体育建筑历史上，著名的罗马小体育宫采用了装配现浇式钢筋混凝土薄壳结构。小体育宫跨度 59 米的壳顶荷载由 36 个环绕小体育宫的 Y 型支撑承担（图 156），而 Y 型支撑与球形屋顶外边缘相切，构成一定角度的放射状排列，支柱倾角与球壳支座反力方向一致，结构轻巧并且受力流畅合理。小体育宫屋顶内表面纵贯的弯曲、预浇制格构肋骨，由 1620 块细瘦镶板拼凑，并用不超过 4 英寸（1 英寸 = 2.54 厘米，下同）厚的加筋板层覆盖，加筋板层给予了屋顶结构所需要的刚性（图 157）。

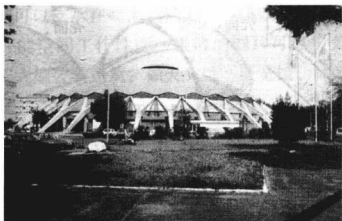


图 156 罗马小体育宫

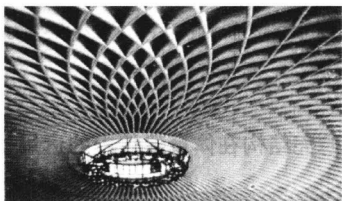


图 157 罗马小体育宫内景

法国格勒诺布尔冰球馆于 1968 年建成，是为第 10 届冬季奥运会而建。该馆屋顶以四片筒形薄壳呈十字形正交覆盖于一方形平面上空，四片筒壳的外延切割成尖叶形。壳体相交的谷像加劲肋一样增强了壳体强度，整个壳顶支承在四个柱墩上（图 158）。

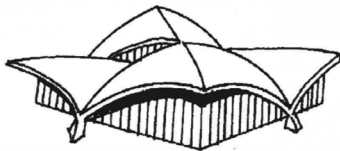


图 158 法国格勒诺布尔冰球馆



第二节 体育建筑网架结构

网架的出现是空间结构技术的一个重要突破。网架是由简单的小尺寸杆件按照一定的网格图形构成的杆系结构，它有上下两层相互平行的格构梁，其间用垂直或倾斜腹杆连接。网架可分为交叉桁架网架和空间网架两类，交叉桁架网架由相互正交或斜交的平面网架组成，上层和下层格构梁在设计上相似，上下弦杆处于相同垂直面，适合于比较大跨度的建筑类型，空间网架由许多棱锥体组成，网格类型较多，上下层弦杆既可与结构边缘相平行又可斜交。空间网架有散件式、预制角锥式和预制空间桁架式等种类。

一、网架结构特征

网架是一种由很多杆件按一定规律组成的网状结构。它具有下列优点：

1. 杆件之间互相起支撑作用，形成多向受力的空间结构，故其整体性强、稳定性好、空间刚度大，有利于抗震。
2. 当荷载作用于网架各节点上时，杆件主要承受轴向力，故能充分发挥材料的强度，节省材料。
3. 网架结构高度小，可以有效地利用空间。
4. 结构的杆件规格统一，有利于工厂化生产。
5. 网架形式多样，可创造丰富多彩的建筑形式。



网架结构主要用于建造大跨度公共建筑的屋顶，适用于多种平面形状，如圆形、方形、三角形、多边形等各种平面的建筑。

二、网架结构形式

网架结构按其外形分为平板网架和曲面网架，如图 159a、b、c 所示。按建筑材料可分为钢网架、木网架、钢筋混凝土网架；按网架本身的构造又可分为单层网架和双层网架。平板网架都是双层的，曲面网架可以是单层网架或双层网架。平板网架多采用钢管或角钢制作。曲面网架可采用木、钢、钢筋混凝土，我国受木材资源少的限制，很少用木材制作网架，而多采用钢网架，有时也采用钢筋混凝土网架。

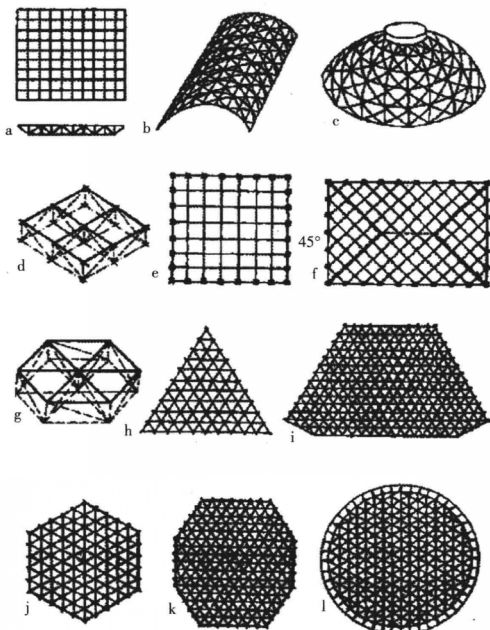
平板网架自身不产生推力，支座为简支，构造比较简单，适用于各种形状的建筑平面，所以应用最广泛。曲面网架多数是有推力的结构，支座条件比较复杂，但外形美观，建筑造型独具特色。

三、平板网架的类型

平板网架按其构造方式不同，可分为交叉桁架体系和角锥体系两类。

（一）交叉桁架体系的平板网架

交叉桁架体系由两向或三向相互交叉的桁架所构成。



a. 平板网架；b. 拱形网架；c. 穹形网架；d. 两向网架；e. 两向正放网架；f. 两向斜放网架；g. 三向网架；h. 三向三角形平面；i. 三向梯形平面；j. 三向正六边形平面；k. 三向八边形平面；l. 三向圆形平面

图 159 网架形式与交叉桁架体系的平板网架



1. 两向交叉桁架

两向交叉桁架的交角大多为 90° ，按网架与建筑平面的相对位置，有正放和斜放两种布置方式，如图 159d、e、f 所示。

(1) 正放网架：构造较简单，一般适用于正方形或近似正方形的建筑平面，这样可使两个方向的桁架跨度接近，共同受力发挥空间作用。如果平面形状为长方形，受力状态类似于单向板结构，网架的空间作用很小。对于中等跨度（50 米左右）的正方形建筑平面，采用正放网架较为有利，特别是四支点支承时比斜放网架更优越。

(2) 斜放网架：外形较美观，刚度更好，用钢量更省，特别是跨度比较大时其优越性更明显。同时斜放网架不会因使用于长条形矩形建筑平面而削弱其空间受力状态，所以斜放网架比正放网架适用的范围更为广泛。

2. 三向交叉桁架

由三个方向的桁架相互以 60° 夹角组成。它比两向交叉桁架的刚度大，杆件内力更均匀，能跨越更大的空间，但其节点构造复杂。三向交叉桁架特别适用于三角形、梯形、六边形、八边形、圆形等平面形状的建筑，如图 159g、h、i、g、k、l 所示。

（二）角锥体系平板网架

由三角锥、四角锥、六角锥等锥体单元组成。这类网架比交叉桁架体系平板网架的刚度大，受力情况好，并可事先在工



厂预制成标准锥体单元，对运输和安装均很方便。

1. 三角锥体平板网架

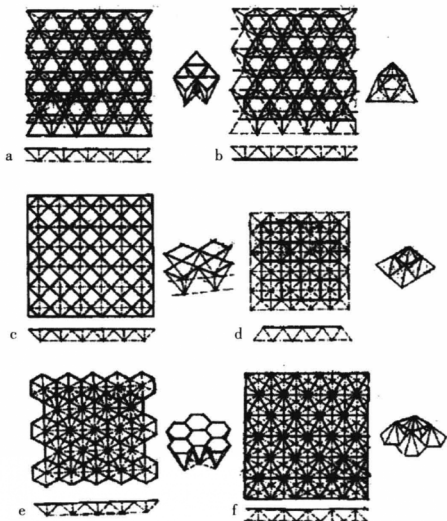
由呈三角锥体的杆件组成，锥尖可朝下或朝上布置。这种网架比四角锥网架和六角锥网架受力更均匀，是大跨度建筑中应用最广的一种网架形式。它适合于各种建筑平面形状，如矩形、方形、三角形、梯形、多边形、圆形等，如图 160a、b 所示。

2. 四角锥体平板网架

由呈四角锥体的杆件组成，锥尖可朝下或朝上布置，可正放或斜放，受力情况不及三角锥体网架，如图 160c、d 所示。这种网架多用于中小型大跨度建筑，正放四角锥体网架适用于正方形或近似正方形的平面，而斜放四角锥体网架无论方形或长条矩形平面都适用。斜放网架的上弦杆较短，对受压有利，下弦较长，但为受拉杆件，充分发挥了材料的强度，且节点汇集杆件的数目少，构造较简单，故应用甚广。

3. 六角锥体平板网架

由呈六角锥体的杆件组成，锥尖可朝下或朝上布置，如图 160e、f 所示。这种网架节点处聚集的杆件数目最多，屋面板呈六角形（锥尖朝下布置时）或三角形（锥尖朝上布置时），故构造复杂，施工麻烦，一般用得较少。



a. 三角锥网架（锥尖朝下）；b. 三角锥网架（锥尖朝上）；c. 四角锥网架（锥尖朝下）；d. 四角锥网架（锥尖朝上）；e. 六角锥网架（锥尖朝下）；f. 六角锥网架（锥尖朝上）

图 160 角锥体系平板网架

四、网架结构的建筑造型

网架结构的建筑造型主要受两个因素的影响，一是网架的形式，二是网架的支承方式。平板网架的屋顶一般是平屋



顶,但建筑的平面形式可多样化。拱形网架的建筑外形呈拱曲面,但平面形式往往比较单一,多为矩形平面。穹形网架的外形独具特色,平面为圆形或其他形状,外形呈半球形成抛物面圆顶。

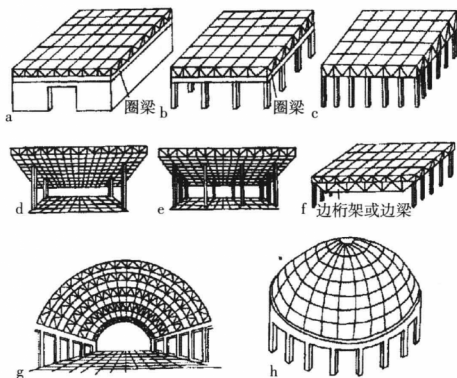
网架的支承方式对建筑造型是一个重要的影响因素。网架四周或为墙,或为柱,或悬挑,或封闭,或开敞。应根据建筑的功能要求、跨度大小、受力情况、艺术构思等因素确定。当跨度不大时,网架可支承在四周圈梁上,圈梁则由墙或柱支承,如图 161a、b 所示。这种支承方式对网格尺寸划分比较自由,网架受力均匀,门窗开设位置不受限制,建筑立面处理灵活。

当跨度较大时,网架宜直接支承于四周的立柱上,如图 161c 所示。这种支承方式传力直接,受力均匀,但柱网尺寸要与网架的网格尺寸相一致,使网架节点正好处于柱顶位置。

当建筑不允许出现较多的柱时,网架可以支承在少数几根柱子上,如图 161d、e 所示。这种支承方式网架的四周最好向外悬挑,利用悬臂来减小网架的内力和挠度,从而降低网架的造价,悬挑长度以 $1/4$ 柱距为宜。对于两向正交正放的平板网架,采用四支点支承最有利。

当建筑物的一边需要敞开或开设宽大的门时,网架可以支承在三边的立柱上,如图 161f 所示。敞开的一面没有柱子,为了保证网架空间刚度和均匀受力,敞开的一面必须设置边梁或边桁架。

拱形网架的支承需要考虑水平推力,解决办法可以参照拱结构的支承方式进行处理。穹形网架常支承在环梁上,环梁置于柱或墙上。图 161g、h 为拱形网架和穹形网架支承方式及造型示例。



a. 网架支承在圈梁上；b. 网架支承在圈梁上；c. 网架支承在四周立柱上；d. 网架悬挑支承在四根柱上；e. 网架悬挑支承在四周立柱上；f. 网架支承在三边立柱上；g. 拱形网架支承在两排立柱上；h. 穹形网架支承在周边柱上

图 161 网架支承方式与建筑造型

五、网架结构在体育建筑中的运用

南京五台山体育馆为八角形平面，容纳观众 1 万人（图 162）。屋盖结构采用平板型双层三向空间网架，采用钢管杆件球节点组装而成，网架周边支承在一圈钢筋混凝土柱上，平面长为 88.68 米，宽为 76.80 米，网架高 5 米。看台结构采用钢筋混凝土框架。大厅顶棚比赛场上空悬吊部分，采用钢板网玻璃棉，座席上空浮动式平顶部分为穿孔钢板。

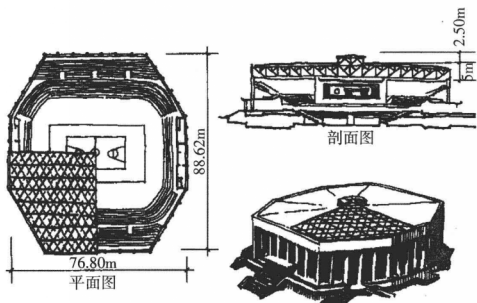


图 162 南京五台山体育馆

墨西哥的马达莱纳体育馆用四道相交的拱支承屋面覆盖(图 163), 该馆为圆形平面, 外径 170 米, 内径 125 米, 高 47 米。建筑面积 4.20 万平方米, 容纳 2.2 万人。屋顶采用铝金属穹形网架, 纵横各有 11 个网架支承在四个钢筋混凝土墩和“Y”形钢筋混凝土支柱上。屋面用铜皮覆盖, 随网格轮廓转折起伏, 闪闪发光, 造型独特, 是世界著名建筑之一。

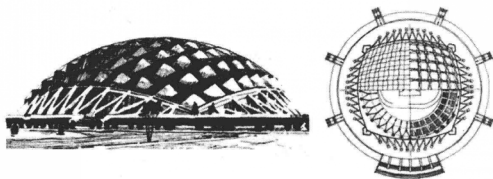


图 163 墨西哥马达莱纳体育馆



第三节 体育建筑网壳结构

网壳和平板网架同属空间杆系结构。网壳的特点是用较短的杆件以一定的规律和足够的密度组成网格，按壳体形态布置的空间结构。它兼具杆系和壳体的性质，受力特点与薄壳相似。网壳的优点在于自重轻、施工简捷、造型相对自由。网壳根据结构形态可以划分为：穹顶网壳、筒形网壳、扭网壳三类。

一、穹顶网壳

穹顶网壳是典型的同向曲面结构，球面上任何一点的曲率相同结构内力与拱相似，主压力从球顶开始沿径向肋或正交肋传到支座系统。当有水平环箍作用时，球壳的结构厚度可以很薄，使自重降到最小。在实际工程中，大多数穹顶网壳是单层球面网壳，覆盖圆形平面，对体育场地和观众席平面形态的适应性较强，在体育建筑中运用较多（图 164）。

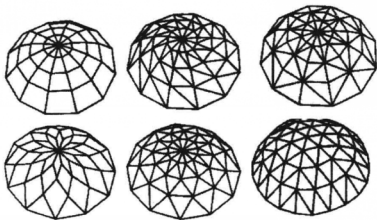


图 164 单层球面网壳



二、筒形网壳

筒形网壳的横截面曲线可采用圆、椭圆或抛物线等形式。按网格构成方式主要有弗普尔筒壳、单斜杆筒壳、双斜杆筒壳、联方网格筒壳和三向网格筒壳（图 165）。其中，联方网格筒壳由于采用的是四边形网格单元，故稳定性稍差，但因网格中与节点相连的杆件仅为 4 个，因而构造简便。

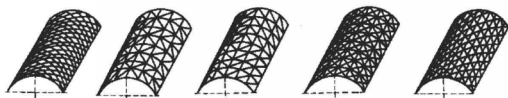


图 165 筒形网壳

单层筒网壳的结构刚度较差，在筒壳端部须设置横隔，如桁架或肋拱。必要时，在筒壳中部也要加设肋拱。大跨度建筑多采用双层网壳结构形式，其构成方式可以由上述几种单层网壳发展成为双层，并增设中间连杆，还可以采用平板网壳中的方法形成曲面的交叉桁架体系和四角锥、三角锥体系。

三、扭网壳

扭网壳为反向双曲抛物面，属负高斯曲面，适用于正方形平面建筑。由于它是双直纹曲面，便于沿直纹方向连续设置直杆，网格构成十分规则和便利。有单层和双层两种形式。

单层扭网壳多采用双向正交网格。按网格的布置方式，有



平行于边缘方向设置与沿对角线方向设置两种, 还可以根据需要增设单向或双向斜杆, 提高结构的面内抗剪刚度 (图 166)。

双层扭网壳的网格布置与单层相似, 通过增设斜腹杆, 形成交叉桁架结构体系, 其面外抗弯刚度好, 结构稳定性强。

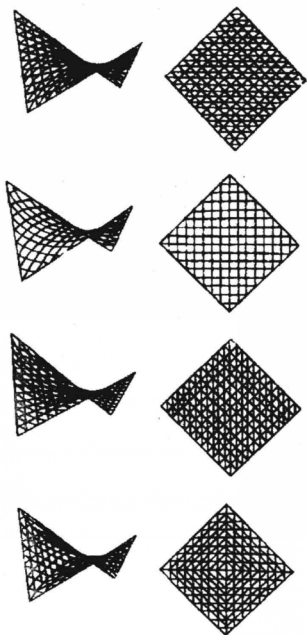


图 166 网壳



四、网壳结构在体育建筑中的运用

1968年墨西哥城奥运会的胡安·艾斯库蒂亚体育馆的屋顶设计，选择了由交叉拱形成的正交网格穹顶结构，跨度132.10米（图167）。它的铜制外壳拱形屋顶在天空中闪耀着光芒，成为此届奥运会的建筑象征。每一个结构拱都包含一根上弦钢管和一根下弦钢管，通过垂直钢构件绷紧，并通过倾斜的钢构件承担正负挠距。此外，屋顶压力传递给周边的墙和柱。屋顶负荷的水平部分通过一个倾斜的钢筋混凝土扶壁构件传递到基础上。体育馆屋顶结构的整体搁置在一块圆形厚板上，并用深入基地山谷不稳固的冲积土壤下36.60米桩来支撑圆形厚板。

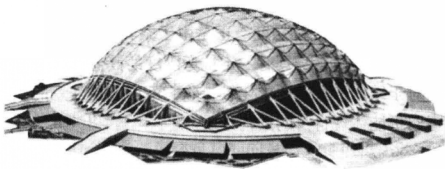


图 167 胡安·艾斯库蒂亚体育馆

1989年建成的北京奥林匹克体育中心综合体育馆（图168），平面尺寸为70米×83.20米，采用人字形截面双层圆柱面斜拉网壳，为目前国内跨度最大的网壳结构。

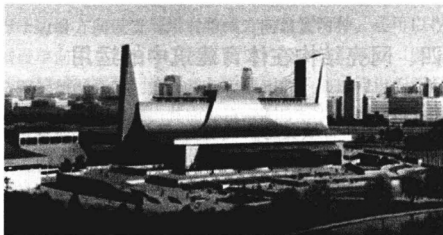


图 168 北京奥林匹克体育中心综合体育馆

第四节 体育建筑悬索结构

悬索结构是以索来跨越大空间的结构体系，其特点在于能够充分发挥钢材的抗拉强度。正是由于索具备单向抗拉性能，因而其柔性构件与自身具有一定抗弯刚度的其他构件相比，悬索结构对于结构形式的要求比较特殊，不可能是任意的，但其结构形态更能体现自身的结构本质。

一、悬索结构特征

悬索结构由索网、边缘构件和下部支承结构三部分组成(图 169)。索网非常柔软，只承受轴向拉力，既无弯矩也无剪力。索网的边缘构件是索网的支座，索网通过锚固件固定在边缘构件上。根据不同的建筑形式要求，边缘构件可以采



用梁、桁架、拱等结构形式，它们必须具有足够的刚度，以承受索网的拉力。悬索的下部支承结构一般是受压构件，常采用柱结构。

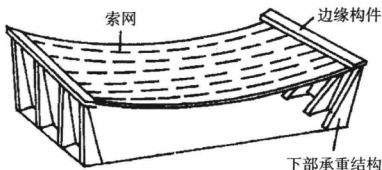


图 169 悬索结构组成

悬索结构的主要优点有以下几种：

1. 充分发挥材料的力学性能，利用钢索受拉，利用钢筋混凝土边缘构件受压、受弯，因而能节省大量材料，减轻结构自重，比普通钢结构建筑节省钢材 50%。

2. 由于主要构件承受拉力，其外形与一般传统建筑迥异，因而其建筑造型给人以新鲜感，且形式多样，可适用于方形、矩形、椭圆形等不同的平面形式。

3. 由于它受力合理，自重轻，故能跨越巨大的空间而不需要在中间加支点，为建筑功能的灵活安排提供了非常有利的条件。

4. 悬索结构的施工比起其他大跨度建筑更方便更快速，因钢索自重轻，不需要大型施工设备便可进行安装。

悬索结构的主要缺点是在强风吸引力的作用下容易丧失稳定而受到破坏，故在设计中应加以周密考虑。

从总体来看，悬索结构的优点明显，因而在大跨度建筑中应用较广，特别是跨度在 60~150 米范围内与其他结构比较，



具有明显的优越性。它主要用来覆盖体育馆、大会堂、展览馆等类建筑的屋顶。

二、悬索结构形式

悬索结构按其外形和索网的布置方式，分为单曲面悬索、双曲面悬索和单层悬索、双层悬索。

(一) 单层单曲面悬索结构

单层单曲面悬索由许多相互平行的拉索组成，像一组平行悬吊的缆索，屋面外表呈下凹的圆筒形曲面，如图 170a 所示。拉索两端的支点可以是等高或不等高，边缘构件可以是梁、桁架、框架，下部支承结构为柱。单层单曲面悬索结构构造简单，但抗振动和抗风性能差，在强风吸引力的作用下，悬索易发生振动。为了弥补这一缺陷，提高屋顶的稳定性，可在悬索上铺钢筋混凝土屋面板，并对屋面板施加预应力，形成下凹的混凝土壳体，借以增强屋面刚度，提高抗风抗振能力。但是，这样的处理结果使悬索结构轻巧的形象被削弱。

悬索的垂度大小直接影响索中的拉力大小，垂度越小拉力越大。垂度一般控制在跨度的 $1/50 \sim 1/20$ 范围内。

(二) 双层单曲面悬索结构

双层单曲面悬索也是由许多相互平行的拉索组成，但与单层单曲面悬索不同的是，每一拉索均为曲率相反的承重索和稳定索构成，如图 170b 所示。承重索与稳定索之间用拉索拉紧，



也就是对上下索施加预应力，增强了屋顶的刚度，因而不必采用钢筋混凝土屋面板，而改用轻质材料覆盖屋面，使屋面自重减轻，造价降低。它比单层单曲面悬索的抗风抗振性能好。

上索的垂度可取跨度的 $1/20 \sim 1/7$ ，下索的拱度可取跨度的 $1/25 \sim 1/20$ 。

以上两种悬索结构形式适用于矩形平面，而且多布置成单跨。

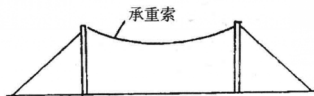
(三) 双曲面轮辐式悬索结构

双曲面轮辐式悬索结构为圆形平面，设有上下两层放射状布置的索网，下层索网承受屋面荷载，称为承重索；上层索网起稳定作用，称为稳定索，两层索网均固定在内外环上，酷似一个自行车轮平搁于建筑物的顶部，所以叫轮辐式悬索结构，如图 170c 所示。这种结构的外环受压力，内环受拉力。

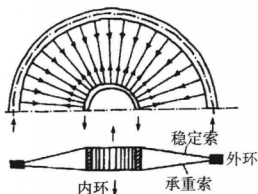
将上述轮辐式悬索变换上下索的位置和内外环的形式，可以构成外形完全不同的轮辐式悬索结构，如图 170d、e 所示，它们有两道受压外环，上下索之间均用拉索拉紧。



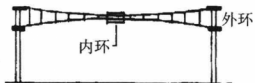
a. 单层单曲面悬索



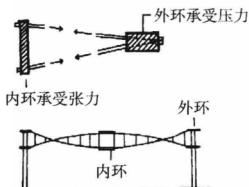
b. 双层单曲面悬索



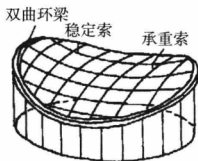
c. 轮辐式悬索 (1)



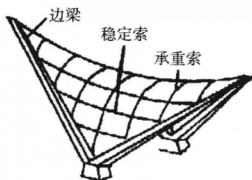
d. 轮辐式悬索 (2)



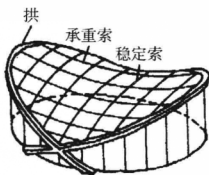
e. 轮辐式悬索 (3)



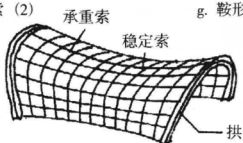
f. 鞍形悬索 (1)



g. 鞍形悬索 (2)



g. 鞍形悬索 (3)



i. 鞍形悬索 (4)

图 170 悬索结构的结构形式



轮辐式悬索结构比单层单曲面悬索增加了稳定索,屋面刚度变大,抗风抗震性好,屋面轻巧,施工方便。轮辐式悬索结构在圆形平面建筑中较常用。

(四) 双曲面鞍形悬索结构

这种悬索结构由两组曲率相反的拉索交叉组成索网,形成双曲抛物面,外形像马鞍,故称为鞍形悬索结构,如图 170f、g、h、i 所示。向下弯曲的索为承重索,向上弯曲的索为稳定索。施工时对稳定索施加预应力,将承重索张紧,以增强结构刚度。

为了支承索网,马鞍形悬索结构的边缘构件可以根据建筑平面形状和建筑造型需要,采用双曲环梁、斜向边梁、斜向拱等结构形式。

三、悬索结构在体育建筑中的运用

悬索结构的造型主要表现在两个方面,一是悬索只能受拉不能受压,外形大多呈凹曲面,而薄壳结构是用钢筋混凝土建造,外形以拱曲面、抛物线曲面和球形曲面居多;二是悬索结构是由两种不同材料的构件组成,即钢索网和钢筋混凝土边缘构件,索网的曲面形式多样,边缘构件的形式各异,只要变动其中一种,就能创造出与基本形式截然不同的造型,并且还可运用“交叉”“并联”等手法改变某种基本形式的造型,所以悬索结构的建筑造型可称得上是丰富多彩。



德国乌柏特市游泳馆的游泳比赛厅为矩形平面 60 米 × 40 米，容纳观众 2000 人（图 171）。屋顶采用单曲面悬索结构，跨度 65 米，两侧看台下每 3.80 米布置一根钢筋混凝土斜梁，上下端分别与悬索的边梁和钢筋混凝土游泳池底板相连，使悬索的拉力与斜梁、池底的内力取得平衡。看台下的立柱在屋面荷载下为受拉结构。为加强单曲面悬索抗风和抗振动的能力，屋面整浇一层轻质混凝土屋面板，形成向下弯曲的筒壳。悬索两侧的弯曲边梁用钢筋混凝土小柱支撑，小柱同时也用做玻璃幕墙的框。该游泳馆结构布置合理，体形与使用功能相呼应，建筑形象与结构形式达到完美的统一。

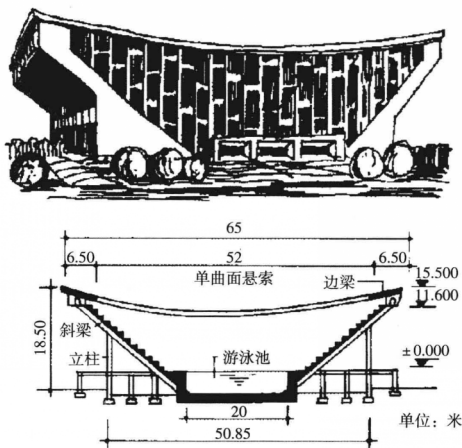


图 171 德国乌柏特市游泳馆



北京工人体育馆为圆形平面，比赛厅直径 94 米，容纳观众 1.50 万人（图 172）。外围为环形框架，大厅屋顶采用轮辐式悬索结构。悬索沿径向辐射状布置。上索承受屋面荷载并起稳定作用。下索为整个屋顶的承重索。上下索各 144 根，索的两端分别与内外环相连，为了便于在外环上锚固和尽量减少对外环断面的削弱，上下索在平面内各错开半个间隔。钢筋混凝土外环支承在环形框架的 48 根柱上，外环承受悬索的拉力后产生环向压力。内环为钢结构圆筒，直径 16 米，内环主要受环向拉力。

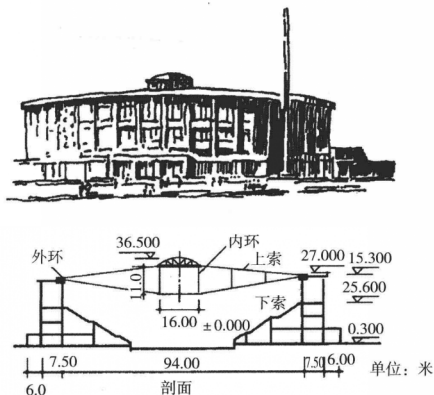


图 172 北京工人体育馆

美国汉普敦体育馆具有多功能用途，可进行体育比赛、文艺演出、公众聚会，可容纳 1.10 万观众（图 173）。体育馆为圆形平面，直径 98 米，馆高 30 米。该馆为两层预制框架结



构,看台下沿周边有 48 根矩形断面柱,看台以上为 48 根折板柱,上部用 175 厘米 \times 75 厘米现浇钢筋混凝土圈梁连接起来。外立面构件之间嵌镶古铜色玻璃。屋顶为轮辐式悬索结构,它与北京工人体育馆不同之处是承重索与稳定索在外环上左右上下交叉相错布置,减少了内外环高差,缩小了大厅体积,建筑造型的特征表现在外环改用折板,索网改成上下左右交叉布置。

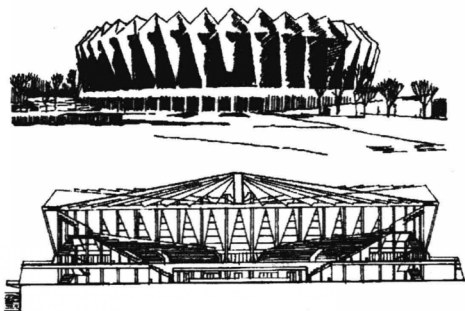


图 173 美国汉普敦体育馆

第五节 体育建筑张拉薄膜结构

张拉薄膜结构是利用骨架、网索将各种现代薄膜材料绷紧形成建筑空间的一种结构。它的历史仅有 30 年,是在悬索结构的基础上发展起来的。



一、悬索结构特征

张拉薄膜结构中柔软的薄膜不能承受荷载，只有将它绷紧后才能受力，所以这种结构只能承受拉力，而且在任何情况下都必须保持受拉状态，否则就会失去稳定。

张拉薄膜结构的优点是轻巧柔软、透明度高、采光好、省材料、构造简单、安装快速、便于拆卸、外形千姿百态。这种结构易出现的弊病是抗风能力差而易失去稳定，设计时必须合理选择拉索的支点、曲率和预应力值。

这种结构适用于各种建筑平面，主要用于临时性或半永久性建筑，如供短期使用的博览会建筑、体育建筑、文娱演出建筑和进行其他活动的临时性建筑。

二、张拉薄膜结构的设计要点

1. 薄膜面料应选择轻质、高强、耐高温和低温、防火性好、具有一定透明度的材料，例如，各种合成纤维织物、玻璃纤维织物、金属纤维织物，并在这些织物的表面敷以各种涂层。

2. 为了提高帐篷薄膜的抗风能力和保持其形状，拉索的布置应使薄膜表面呈方向相反的双曲面，而且对拉索施加适当的预应力，以保证在来自任何方向的风力作用下都不会出现松弛现象。

3. 应布置足够的拉索，使薄膜表面形成连续的曲面而不是多棱曲面，并使表面有足够的坡度，避免积存雨雪。



4. 尽可能地减少室内的撑杆或支架, 以免妨碍内部空间的使用。

三、张拉薄膜结构在体育建筑中的运用

张拉薄膜结构只有在受拉绷紧的状态下才能保持结构的稳定, 因此建筑物的形体全部由双曲面构成, 形体随撑杆的数目和位置、索网牵引和锚固的方向、部位等因素而变化。建筑造型灵活自由, 完全可以按设计者的意图构图。1972 年建造的慕尼黑奥运会体育中心、上海 8 万人体育场等都是著名的帐篷薄膜建筑实例。

在设计慕尼黑奥运会体育中心时, 设计师为了把这一地区建成一座优雅宜人的体育公园, 使巨大的体育建筑更接近人的尺度, 主要建筑物都设计成帐篷薄膜屋顶 (图 174)。撑杆布置在建筑物的外面, 通过它把丙烯塑料玻璃薄膜和索网绷紧锚固在基地上, 盖住比赛场地和看台, 从而起到防雨遮阳的作用。

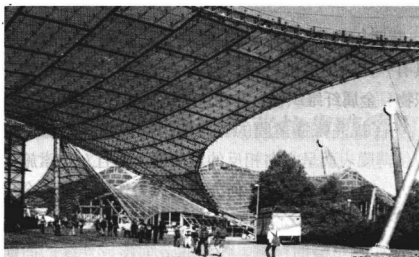


图 174 慕尼黑奥运会体育中心



1997年建成的上海8万人体育场为直径300米、总标高70余米的巨型马鞍型建筑，整个体育场建筑物平面上呈圆形，建筑外型采用具有国际先进水平的马鞍型、大悬挑钢管空间层盖结构，覆以赛福龙涂面玻璃纤维成型膜（图175）。

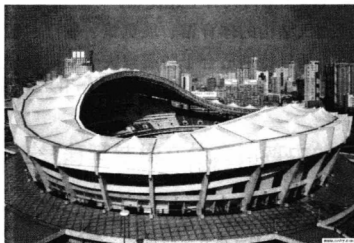


图 175 上海 8 万人体育场

第六节 体育建筑充气薄膜结构

充气薄膜结构是利用薄膜材料制成气囊，充气后形成建筑空间，并承受外力，故称为充气薄膜结构。它在任何情况下都必须处于受拉状态才能保持结构的稳定，所以它总是以曲线和曲面来构成自己的独特外形。

一、充气薄膜结构特征

充气薄膜结构兼有承重和围护双重功能，故大大简化了建



筑构造。薄膜充气后均匀受拉，能充分发挥材料的力学性能，省材料，加之薄膜本身很轻，因而可以覆盖巨大的空间。这种结构的造型美观，且能适用于各种形状的平面。薄膜材料的透明度高，即使跨度很大的建筑不设天窗也能满足采光要求。

由于充气薄膜结构具有上述优点，一些国家在最近 40 年已先后建成充气结构的体育馆、展览馆、餐厅、医院等多种类型的建筑，而且特别适合于防震救灾等临时性建筑和永久性建筑。

二、充气薄膜结构形式

充气薄膜结构分为气承式、气肋式、气被式和混合式四种。

1. 气承式充气薄膜结构

依靠鼓风机不停地向粘缝成整体的薄膜覆盖结构内部送气，承托薄膜重量并使之保持微正压以维持形体。遇到强风时，则启动备用鼓风机使薄膜具有设计的抗风内压，同所受风力相平衡。

2. 气肋式充气薄膜结构

以密闭充气管为肋，充气后获得刚度，形成支承构件，再外敷薄膜，构成所需要的空间。

3. 气被式充气薄膜结构

以密闭的充气薄膜做成肋，并达到足够的刚度以便承重，然后在各气肋的外面再敷设薄膜作围护，形成一定的建筑空



间。气肋式充气薄膜结构属于高压充气，气肋的竖直部分受压，而横向部分受弯，故气囊的受力不均匀，不能充分发挥薄膜材料的力学性能。

4. 混合式充气薄膜结构

由上述两种以上形式组合而成。这些薄膜建筑重量轻，装运体积小，可以降低造价，但对薄膜材料的强度、耐久性要求较高，一般不宜作耐久性建筑使用。

三、充气薄膜结构在体育建筑中的运用

充气薄膜结构与帐篷薄膜结构一样，都是在绷紧受拉的状态下才能使结构保持稳定。帐篷结构是靠撑杆和网索将薄膜张拉成型，而充气结构则是靠压缩空气注入气囊中将薄膜鼓胀成型，其建筑形体主要由向外凸出的双曲面构成，充气薄膜结构的建筑造型随建筑平面形状和固定薄膜的边缘构件形式等因素而变化。

1975年美国建成佐治亚体育馆，覆盖面积达3.50万平方米，能容纳8万名观众，是目前世界上最大的充气建筑(图176)。

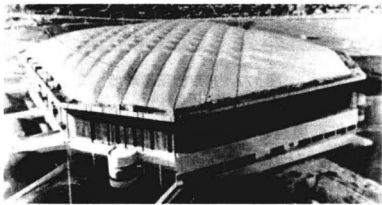


图 176 佐治亚体育馆



日本东京圆顶运动场，采用气承式充气薄膜结构，其多功能大厅主要用作棒球场，也可进行其他体育比赛和各种演出活动，能容纳观众 5 万人（图 177）。充气结构的顶为椭圆形，边长为 180 米，对角线为 201 米 \times 201 米。采用双层聚四氟乙烯玻璃纤维布制成，外膜厚度 0.80 毫米，内膜厚度 0.35 毫米。薄膜用 28 根直径为 80 毫米的钢索双向正交布置，每个方向各 14 根，间距 8.50 米。屋顶面积为 2.80 万平方米，屋顶总重量 1060kN（1kN = 102.04 公斤，下同），平均每平方米仅 125N。室内容积 124 万立方米，使用时通过三台送风机向薄膜内充压缩空气。薄膜为乳白色，透光性强，白天进行体育比赛时，室内可以不用照明。

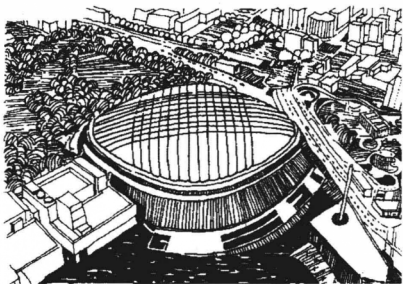


图 177 东京圆顶运动场

2008 年北京奥运会游泳馆“水立方”就是一个采用新型膜材料的充气薄膜结构建筑（图 178）。外表像一个湛蓝色的“方盒子”，总体建筑面积大约 8 万平方米，高约 30 米，建筑外墙采用新型环保节能的 ETFE（四氟乙烯）膜材料，由 3000



多个气枕组成，展开面积达 11 万平方米。这些气枕模仿大自然液体的气泡，面积各不相同。膜结构气枕上布满了肉眼看不见的镀点，其原材料是一种耐高温的油墨。阳光进入场馆内要通过镀点的过滤，一部分光线会被镀点反射回空中，只有场馆内需要的光线会被镀点过滤后允许进入。每个气枕的镀点数量不一样，最少镀点面积是 10%，最多的超过了 50%。夏天阳光比较充足，大部分照射在顶面，所以那些地方膜结构的镀点比较多；而冬天阳光比较少，大部分照在立面，所以里面的膜结构镀点就比较少。

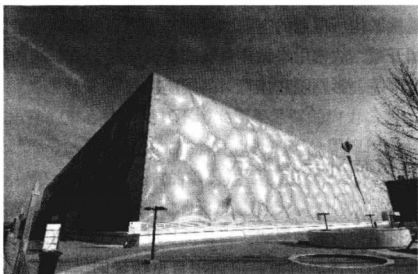


图 178 北京奥运会游泳馆“水立方”

第七节 体育建筑悬挑结构

悬挑结构是将梁、板、桁架等构件从支座处向外做远距离延伸，构成一种无视线阻隔的空间，为建筑空间的灵活组合带



来方便,使建筑造型轻盈活泼。

一、悬挑结构特征

悬挑结构会产生倾覆力矩,在荷载相同的情况下,它比简支梁的允许跨度小得多,在一定程度上限制了它的悬挑长度。因此,选用悬挑结构时,应从跨度大小、结构形式、抗倾覆措施等方面进行综合考虑,使建筑造型与结构形式协调统一。

悬挑结构所覆盖的空间,可使其周边不出现承重墙柱,视野辽阔开敞,故常用来做体育场的看台挑篷、火车站和航空港的月台雨篷、影剧院和体育馆的楼座挑台等。

二、悬挑结构形式

悬挑结构有多种形式,当悬挑长度不大时,可采用梁板结构,当悬挑距离较远时,应选用自重较轻的结构形式,如桁架、折板、薄壳、网架等结构,如图 179 所示。

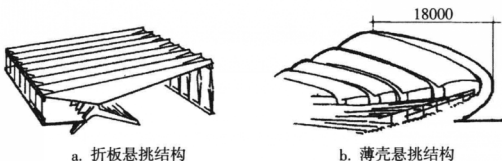


图 179 悬挑结构形式



三、悬挑结构在体育建筑中的运用

悬挑结构有多种形式,当悬挑长度不大时,可采用梁板结构,当悬挑距离较远时,应选用自重较轻的结构形式,如桁架、折板、薄壳、网架等结构。

用悬挑结构建造的建筑物,其外形显得特别轻巧、通透,形式多样。其造型常常随悬挑方式不同而变化,一般有单面悬挑、双面悬挑和伞状悬挑三种造型。

意大利弗拉米尼欧体育场为椭圆形平面,可容纳观众 5 万人,看台由钢筋混凝土钢架支撑,有 8500 个座席设在大雨篷下。雨篷由带悬臂的钢架和倾斜钢管支柱支撑。斜柱的位置正好选在雨篷的重心处,使其不增大钢架悬臂的内力。为了减轻雨篷悬臂部分的自重,悬挑在斜柱以外的部分用钢丝网水泥制作(图 180)。在斜柱以内的部分用钢筋混凝土制作。弗拉米尼欧体育场为单面悬挑结构的建筑造型。

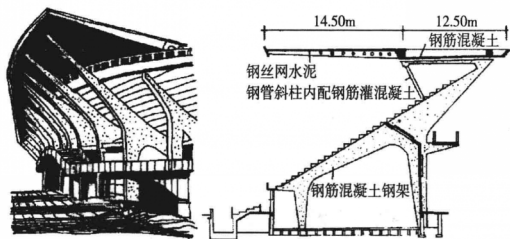


图 180 意大利弗拉米尼欧体育场



双面悬挑时，建筑物的剖面呈“T”形，是对称结构，受力均衡，不产生倾覆力矩，多用于火车站、航空港等交通建筑的月台雨篷，利用悬挑结构张开的双翼停靠飞机、火车、汽车。图 181 所示为双面悬挑结构的建筑造型。



图 181 双面悬挑结构的建筑造型

上海国际赛车场看台就是一个伞状悬挑，它是在一根承重柱的顶部从四周将悬臂向外伸展，形状如伞的结构形式（图 182）。伞状悬挑结构可以单独使用构成一个单体量的建筑，也可以将若干个伞状悬挑结构联合起来成一大片。伞状悬挑结构的平面形状可为圆形、正方形、正六边形、正八边形等。

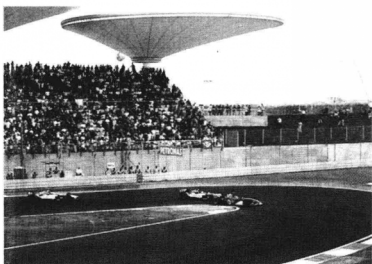


图 182 上海国际赛车场看台



思考题

1. 简述大跨度空间结构形式的类型，以及各自的优缺点和适用范围。
2. 结合本校体育场馆的实际，分析体育场馆的结构形式和特点。



参考文献

- [1] 曾涛. 体育建筑设计手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [2] 易涛. 绿色体育建筑若干问题探讨 [D]. 北京工业大学, 2005.5.
- [3] 北京市建筑设计研究院. 奥林匹克与体育建筑 [M]. 天津: 天津大学出版社, 2002.
- [4] 北京市建筑设计研究院. 体育建筑设计 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1981.
- [5] 宗轩. 学校体育建筑研究与设计 [D]. 同济大学, 2001.
- [6] 高毅存. 奥运会城市的场馆规划与设计 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [7] 任磊. 百年奥运建筑 [D]. 同济大学, 2006.
- [8] 刘建荣. 建筑构造 (下)[M]. 2版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [9] 梅季魁. 现代体育馆建筑设计 [M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2002.
- [10] 樊松丽. 绿色体育建筑的可持续性 & 环境性能评价研究 [D]. 华中科技大学, 2006.11.
- [11] 袁也利. 体育场地建设与城市规划 [J]. 北京规划建设, 2005 (6): 77-78.
- [12] 深圳市建筑工务署. 深圳大学城校园规划及建筑设计图集 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.